

Das Detailprojekt für die Wienflussregelung.

Mit Benützung des Berichtes des Stadtbauamtes an den Gemeinderath der Stadt Wien.

(Hiezu Zeichnungen auf Taf. I—III.)

In Ausführung des Gemeinderathsbeschlusses vom 23. Juli 1886, mit welchem der Bericht der II. Wienfluss-Expertise*) zur Kenntniss genommen wurde, ist mit Präsidialerlass vom 28. Juni 1886, Z. 4678, dem Stadtbauamte der Auftrag erteilt worden, auf Grund des genehmigten Generalprojektes für die Wienflussregelung unter Benützung des Expertengutachtens das definitive Projekt auszuarbeiten.

Das Stadtbauamt, welches die Zwischenzeit, während welcher die Expertise ihre Berathung pflog, benützte, um die Vorarbeiten zu vervollständigen und das Studienmateriale zu erweitern, hat sofort nach Einlangung des obigen Auftrages das für das Wienflussregelungs-Projekt eingesetzte technische Bureau durch Heranziehung weiterer Hilfskräfte vervollständigt und die Detailarbeiten in Angriff genommen.

Zunächst wurde behufs Aufschlusses der unteren Bodenschichten im Wienflussgebiete die Einleitung getroffen, dass Untergrundbohrungen durchgeführt werden.

Die betreffenden Arbeiten wurden am 29. Dezember 1886 an die Unternehmer Glass und Latzel übertragen und mit möglichster Raschheit im Flusslaufe in Wien und im Gebiete des unterhalb Weidlingau geplanten Reservoirs ausgeführt. Die Resultate dieser Bohrungen wurden in die Pläne des Detailprojektes eingetragen. Ausserdem sind Muster der erbohrten Schichten, geordnet nach den Tiefen, in Kistchen zusammengestellt worden und werden dieselben bei der Sicherstellung der Arbeiten zur Einsichtnahme für die Bewerber aufgelegt werden.

Die Messung von Hochwässern im Wienflusse wurde durch das Stadtbauamt fortgesetzt und sind die diesfälligen Ergebnisse behufs Studiums durch Fachmänner zur allgemeinen Kenntniss gebracht worden. (Resultate von Wassergeschwindigkeits-Messungen im Wienflusse, 2. Publikation.**)

Weiters wurde eine vollständige Detailaufnahme des Wienflusses in Wien und bei Weidlingau in der Zeit vom August bis Dezember 1886 vom Personale des Stadtbauamtes durchgeführt.

Im innigen Zusammenhange mit den erwähnten Arbeiten standen ferner die Berathungen über die Bestimmung der Baulinien längs des Wienflusses, welche nach Berufung der II. Expertise unterbrochen worden waren.

Für diese Berathungen wurde das sämtliche Materiale vom genannten Bureau geliefert. Die betreffende Vorlage erfolgte am 3. November 1886 und nach eingehenden Verhandlungen im Schoosse der Fachsektion wurde dieselbe mit Gemeinderathsbeschluss vom 20. Mai 1887 genehmigt.

*) Siehe „Wochenschrift“ 1886, pag. 277 und 382, woselbst die Anträge der Expertise mitgetheilt wurden; ferner „Wochenschrift“ 1887, pag. 18. Ueber die Vorgeschichte der Wienfluss-Regulierungsfrage vergleiche man überdies „Wochenschrift“ 1882, pag. 247, 259, 300 und 308, 1883, pag. 34, 43 und 51, 1886, pag. 87.

**) Beilage zur „Wochenschrift“ 1885, Nr. 39.

Weiters ist zu erwähnen, dass sich auch der hohe n.-ö. Landtag in seiner letzten Session mit der Frage der Wienflussregelung befasst und unter Anderem (am 19. Jänner 1887) den Beschluss gefasst hat, für die ausserhalb Wien gelegene Strecke ein Regulierungsprojekt ausarbeiten zu lassen, zu welchem Zwecke eine entsprechende Geldsumme bewilligt wurde. In Verfolg dieses Beschlusses hat der Vorstand des Departements III des Landesbauamtes sich mit dem Stadtbauamt in's Einvernehmen gesetzt, wobei ohne jedes Präjudiz und nur hinsichtlich der Projektsverfassung vereinbart wurde, dass sich das städtische Projekt von Wien bis zum Kopfe des Weidlingauer Bassins, also bis Ober-Weidlingau zu erstrecken habe, während von da aufwärts im Wienflussgebiete und im Mauerbachthale das Regulierungsprojekt von dem Landesbauamte verfasst werden wird.

Von den Arbeiten der II. Wienfluss-Expertise sind als neu beschafftes Materiale die werthvollen Aufnahmen des Wienflusses vor dem Jahre 1851 (vom Hofrathe v. Stummer) und die Daten über das Meidlinger Wehr hervorzuheben. Es war eine Untersuchung dieses neuen Materials durch das Stadtbauamt von Interesse, um die Hochwasserziffer des Jahres 1851 danach zu bestimmen. Die darauf bezüglichen Resultate sind in dem Aufsätze: „Die Bestimmung von Hochwasserkubaturen bei ungleichförmiger Wasserbewegung“) enthalten.

Um das vorliegende Detailprojekt und die Motive, welche bei Verfassung desselben maassgebend waren, richtig zu beurtheilen, erscheint es angezeigt, die Vorschläge der Expertise, welche gemäss dem Präsidialauftrage vom Stadtbauamte zu benützen waren, gleichzeitig mit der Beschreibung der jetzigen Vorlage zu besprechen.

Die Anträge der II. Expertise werden demnach zunächst wörtlich angeführt und sodann die Gesichtspunkte erläutert werden, welche dem Detailprojekte zu Grunde liegen.

Antrag 1. „Eine Theilung des Abflussgerinnes der Wien soll nicht stattfinden. Die im (ersten) Projekte des Stadtbauamtes**) beantragte Ableitung von Weidlingau-Hadersdorf, Breitensee über Ottakring, Weinhaus, Ober-Döbling zum Krottenbach und in den Donaukanal bei Nusdorf, bezw. in die Donau, ist nicht auszuführen und sind die Abflüsse des Wienflussgebietes im gegenwärtigen Bette abzuleiten.“

Zur Erklärung dieses Antrages ist zu erwähnen, dass das Bauamt in seinem Generalprojekte für eine getheilte Abfuhr der Hochwässer in dem Sinne eingetreten ist, als es die Einwölbung in Wien nur in jener Grösse vorgenommen wissen wollte, welche auf die Anlage einer Stadtbahn und auf Baugrundgewinnung Rücksicht nahm, während es den anderen Theil der Wässer seitlich (u. zw. direkt in die Donau) abzuleiten gedachte.

*) „Wochenschrift“ 1887, Nr. 12, pag. 98.

**) Siehe „Wochenschrift“ 1882, pag. 300 und 308.

In dieser Art sollte die eigentliche Einwölbung in Wien durch die Ableitung in ähnlicher Weise entlastet werden, wie dies seitens der I. Expertise vorgeschlagen worden war, welche die Einwölbung in Wien für zwei Drittel der Hochwassermenge bemessen und für die Aufspeicherung des Restes 40—50 Reservoirs in den Seitenthälern empfohlen hatte.

Im Gegensatze zur I. Expertise nimmt die II. Expertise an, dass keine Gründe vorliegen, um die abzuführende Hochwassermenge auf zwei Drittel zu vermindern. Die II. Expertise spricht sich dahin aus, dass die gesammte Hochwassermenge durch Wien geführt werden könne, wenn nur am Kopfe der Einwölbung (also im Hauptthale) ein Reservoir, ähnlich dem vom Bauamt projektirten, zur Zurückhaltung der aussergewöhnlichen Hochwässer vorgesehen wird.

Als besonderen Grund gegen die geplante seitliche Ableitung eines Theiles der Hochwässer führen die Experten noch die Bedenklichkeit des Untergrundes an. Bezüglich des Untergrundes hatte das Bauamt seinerzeit die Rathschläge der durch ihre Arbeiten hinsichtlich des Wiener Bodens bekannten Geologen Fuchs und Karrer eingeholt und daraufhin Vorschläge über vorzunehmende Schachtabteufungen dem Gemeinderathe unterbreitet, welche auch von demselben genehmigt worden sind. Es waren bereits mit den betreffenden Grundbesitzern die Vereinbarungen getroffen. Erst nach dem Befunde dieser Schächte hätte das Stadtbauamt die Kostenfrage dahin erwägen können, ob die geplante Ableitung sich auch rücksichtlich des Kostenpunktes in das Regulirungssystem passend einfüge.

Nach der entschiedenen Stellungnahme der II. Expertise gegen diese Anlage schien es nicht gerathen, den für die Schachtabteufungen mit Gemeinderathsbeschluss vom 12. Februar 1884, Z. 5319, bereits genehmigten Betrag von 28 626·07 fl. zu verausgaben, da ein gegen die Anschauungen der Expertise sprechender Befund in ganz bestimmter Weise von vorneherein nicht gewährleistet werden konnte, weshalb von der Ausführung der kostspieligen Bodenuntersuchung und sohin auch von der Aufstellung eines Detailprojectes für eine seitliche Ableitung Umgang genommen wurde.

Demzufolge bildet die Grundlage für das Detailprojekt bloß die von den Experten gutgeheissene Anlage des Reservoirs bei Weidlingau und die Einwölbung in Wien mit Abzugsfähigkeit für die gesammten Hochwassermengen.

Die Gründe hiefür liegen sowohl in dem Vorgesagten, als auch wesentlich darin, dass man sich auf Grund dieses Detailprojectes über die Kosten verschiedener Varianten ein Bild machen kann. Das Detailprojekt (im Sinne der Expertise) gibt nämlich unmittelbar die Kosten der Einwölbung an und für sich. Aber man kann auch leicht danach die Kosten für eine oder zwei Profilloffnungen aus jenen für drei rechnen und so ermitteln, wie viel darf bei gleicher Leistung ein Ableitungskanal oder Reservoir kosten, wenn in Wien aus verschiedenen Gründen Einschränkungen der Profilbreite gewünscht würden, ohne dass die Gesamtkosten sich ändern.

Dies ist umsomehr hervorzuheben, als das von den Experten vorgeschlagene System eine stückweise Aus-

führung zulässt, während Kombinationen mit Ableitung (I. Bauamtsprojekt) oder Reservoirs (I. Expertise) die sofortige Durchführung des ganzen Projectes hinsichtlich der Aussenanlagen nothwendig machen.

Es ist daher ebenso die Schwierigkeit, den Ausspruch der II. Expertise bezüglich der Bedenklichkeit des Untergrundes auf die Richtigkeit zu prüfen, als auch die Erkenntniss, dass das Detailliren der dreitheiligen Einwölbung eine allgemeine Kostenberechnung zulässt, der Grund gewesen, dass das Bauamt die von den Experten empfohlene dreitheilige Einwölbung für das Detailprojekt angenommen hat. —

Antrag 2. „Das vorgeschlagene System mittelst Anlage von Reservoirs den Abfluss der exzessiven Hochwässer zu regeln, wird als zweckentsprechend und nothwendig anerkannt, dagegen kann einer so weitgehenden Restrangirung des Durchflussprofils bis auf 50 % (und darüber) der grössten Hochwassermenge zur Zeit des Hochwassers vom 18. Mai 1851 nicht zugestimmt werden.“

Zum Verständnisse dieses Ausspruches muss bemerkt werden, dass das vom Gemeinderathe genehmigte Generalprojekt des Bauamtes eine zweitheilige Einwölbung in Wien (Einwölbungsprofil mit zwei Oeffnungen) angenommen hatte, mit einem Reservoir in Baumgarten oberhalb derselben und einer seitlichen Ableitung. Den Experten wurde nun von hieramts vorgeschlagen, das Baumgartner Reservoir nach Weidlingau zu verlegen, welchem Vorschlage dieselben zustimmten; aber unter Einem wurde auch nahegelegt, eventuell die Einwölbung in Wien mit nur einer Oeffnung auszuführen und für die zweite Oeffnung andere Mittel (ähnlich der vorgeschlagenen Mauerbachausschliessung), wenn sie sich als billiger darstellen sollten, in Aussicht zu nehmen.

Indem nach der Meinung der II. Expertise drei Oeffnungen in Wien für den ganzen Bedarf nöthig sind, so hielten sie die Ausführung bloß einer Oeffnung als eine Reduktion „von 50 % und darüber“, während in Wirklichkeit zu der einen Oeffnung ja noch die Ableitung zu zählen nicht vergessen werden darf, also selbst bei dem erwähnten Vorschlage immer noch zwei Drittel Abzug im Sinne der Experten vorhanden wäre. (Zwei Drittel Abfluss hatte bekanntlich auch die I. Expertise vorgeschlagen.)

Dieser Ausspruch beruht daher auf einer irrthümlichen Auffassung der Frage. Dahin gehören auch die Berechnungen der Expertise rücksichtlich der gleichbleibenden Kosten von Abzugskanälen und Reservoirs insofern, dass eine Verkleinerung der Einwölbung eine wesentliche Kostenersparniss nicht bedingt.

Es wird jedoch unter Einem anerkannt, dass „der Werth der gewonnenen und verwendbaren Gründe längs der Wien, deren Schätzung sich dem Urtheile der Experten entzieht, auf die Wahl des Profils von wesentlichem Einflusse“ sei. Ohne dies weiter zu verfolgen, ist aus dem Antrage 2 nur zu konstatiren wichtig, dass die vom Bauamte geplante Anlage eines Reservoirs unterhalb Weidlingau von den Experten gutgeheissen wird.

Die nähere Beschreibung desselben in den betreffenden Auffassungen rücksichtlich der Wirkung auf Herabminderung der Fluthwellen wird später erfolgen.

Antrag 3. „Die Einwölbung der Wien ist durchführbar und empfiehlt sich sowohl aus sanitären, als auch aus Verkehrs- und anderen öffentlichen Interessen.“

„Die Kunstprofile für die Einwölbung sollen bei einem frei bleibenden Raume von mindestens 1·4—1·5 m zwischen dem Scheitel der Wölbung und dem Wasserspiegel 600 m³ pro Sekunde abzuführen im Stande sein. Die empfohlene Form, Grösse und Konstruktion dieser Gewölbsprofile ist aus den beigezeichneten Plänen und Tabellen (des Expertenberichtes*) zu ersehen und im Texte näher erläutert.“

„Weiter werden im Wienflussgebiete noch Reservoirs als Regulatoren des Abflusses exzessiver Hochwässer mit einem Fassungsraume von mindestens 1 600 000 m³ gefordert.“

In diesem Antrage 3 liegt eigentlich der Kernpunkt der ganzen Einwölbungsfrage, indem in demselben die streitige Ziffer der Hochwassermengen und zugleich die Form der Profile angegeben wird.

In dem bauamtlichen Exposé vom Jahre 1886, welches den II. Expertenberatungen zur Grundlage diente, war die zweitheilige Einwölbung in Wien in Typen von 4⁰/₀₀, von 1·4⁰/₀₀ und 3⁰/₀₀ Gefälle vertreten und war die eine dieser Wölbungen mit Banketten, die andere mit einfacher Segmentsohle ausgestattet.

Vergleicht man nun eine Einwölbungsöffnung der II. Expertise bei 4 und 3⁰/₀₀ Gefälle (Tafel X des Expertenberichtes) mit dem Segmentsohlenprofil des Bauamtsvorschlages bei gleichem Gefälle, so ergibt sich, dass sowohl die Spannweite, als auch Höhe und sogar die Form (nahezu mathematisch) vollkommen gleich sind.

In Wirklichkeit nahmen daher die Experten vollständig die Bauamtsprofile an und legen zu den zwei vorhandenen Wölbungen in Wien die Ableitung als dritte Wölbung hinzu. Diese Uebereinstimmung hätte seitens der Expertise in ihrem bezüglichen Berichte wohl konstatiert werden sollen.

Die Meinungsverschiedenheit hinsichtlich der Hochwassermenge vom Jahre 1851 erscheint daher als eine blos theoretische, indem die Experten für 600 m³ dieselben Profilgrössen für den Abzug nöthig halten, welche das Bauamt bei der Annahme von 300—400 m³ aufgestellt hatte.

Diese Uebereinstimmung in praktischer Hinsicht ist das werthvollste Ergebniss der II. Expertise, indem es erst so dem Bauamte möglich wurde, seine Abzugsprofile, unterstützt von dem Rathe der berufenen Fachmänner endgiltig zur Ausführung vorzulegen und ein Detailprojekt für die beabsichtigte Regelung auszuarbeiten.

Kurz mag nur erwähnt werden, dass die vom Bauamte angenommene Wassermenge, sowie die im Zusammenhange mit derselben stehenden Profilgrössen für die Einwölbung auf die wirklich erhobenen Wassergeschwindigkeiten gegründet ist, dass hingegen von der II. Expertise die Profildimensionen nach den theoretischen Formeln von Ganguillet-Kutter (Kategorie IV) berechnet wurden. Die Expertise erklärt, dass sie sich auf Geschwindigkeitsmessungen, welche sich nicht auf grosse Wasserstände erstrecken, nicht einlassen wolle und die Abflussmenge nach der theoretischen Formel

rechne. Dasselbe musste sie nun auch bei der Ermittlung der Hochwassermenge im offenen Flusse thun, wodurch die Uebereinstimmung erklärlich wird.

Indem nun so in der Hauptsache eine vollständige Gleichheit der Profile zu konstatiren ist, tritt eine wesentliche Verschiedenheit der Profile nur in der Partie „Schwarzenbergbrücke—Donaukanal“ zu Tage, wo in Anbetracht eines möglichen Zusammentreffens von Wienfluss-Hochwasser und Eisrückstau vom Donaukanale aus, die II. Expertise eine trichterförmige Profil-Erweiterung vorschlägt. Das Rückstauwasser in Folge eines Eisganges verengt gleichsam das für den freien Abfluss verbleibende Profil und es muss daher, soll ein ungestörter Abfluss möglich sein, die vom Stauwasser eingenommene Fläche durch Vergrösserung der Breite ersetzt werden. Hienach ist die Weite von 8·0 m auf 12·50 m Spannweite anwachsend, rechnungsmässig ausgemittelt worden.

Diese trichterförmige Erweiterung war in dem Bauamtsvorschlage nicht enthalten und ist dies aus der ganzen Anlage des bauamtlichen Generalprojectes erklärlich, welches sich mit seiner Ableitung in die Donau von den Erscheinungen des Donaukanals unabhängiger stellte. Sobald die Ableitung aufgelassen wird und den Hochwässern somit nur der eine Weg durch die Stadt in den Donaukanal gegeben ist, muss naturgemäss mit allen Eigenheiten desselben gerechnet werden. In dem vorliegenden Detailprojecte erscheint deshalb auch die vorgenannte untere Partie nur im Sinne der II. Expertise behandelt. Wenngleich das vorbedachte Zusammentreffen eines Wienfluss-Hochwassers mit einem Eisrückstau eine sehr entfernte Möglichkeit ist, so muss doch mit dieser namentlich auch im Hinblick auf eine allfällige Umgestaltung des Donaukanals in einen Schiffahrtskanal gerechnet werden.

Demgemäss kann bei Durchführung der gesammten Hochwässer durch Wien, wie die Sache jetzt liegt, die trichterförmige Erweiterung nicht aufgegeben werden.

Da nun aber der betreffende Kostenanschlag die Kostspieligkeit dieser Anlage darthut, so ist es insbesondere in Rücksicht auf die erwähnte Eventualität einer zukünftigen Umwandlung des Donaukanals in einen Schiffahrtskanal angezeigt, diese Herstellung vorläufig nicht zu beantragen, sondern bei der Tegetthoffbrücke die Einwölbung zu beenden und den unterhalb liegenden Theil offen zu lassen.

Es wird dann Gelegenheit geboten sein, die Menge und den Verlauf der Hochwässer durch den eingewölbten Theil, sowie den Einfluss des Reservoirs bei Weidlingau auf die Abfuhr der Wienflusswässer genau und verlässlich zu beobachten und seinerzeit die geeigneten Maassnahmen für die definitive Regelung des Wienflusses in seinem untersten Theile zu treffen.

Für eine Ausdehnung der Einwölbung über die Gemeindegrenze hinaus liegen derzeit keine zwingenden Gründe vor; auch ist es vom finanziellen Standpunkte, welcher die Aufbringung von grossen Kapitalien auf einmal nicht durchführbar erscheinen lässt, nicht angezeigt, dieselbe schon jetzt vorzuschlagen.

Demnach erstrecken sich derzeit die Vorschläge auf eine Einwölbung des Wienflusses vom Gumpendorfer Schlacht-

*) Man siehe „Wochenschrift“ 1886, Nr. 48.

hause bis zur Tegetthoffbrücke und bleibt die Partie längs des Schlachthauses in ihrer Eigenschaft als Vorbassin zum Aufhalten schwimmender Gegenstände und als Schotterfang gleichfalls offen.

Mit der Profilfrage im Zusammenhange steht die Entwicklung des Längengefälles.

Das Längengefälle des Expertenvorschlages schliesst sich so ziemlich an das heutige Sohlengefälle des Wienflusses an, indem es sich vom Donaukanale aufwärts mit 2·2, 3·0, 3·5, 4·0, 4·5⁰/₀₀ bis zur Penzinger Kettenbrücke entwickelt. Dementsprechend werden Profiltypen für Strecken in 2·2, 3, 4 und 4·5⁰/₀₀ Gefälle vorgeschlagen.

Zur Bemessung des Eistrückstaues ist seitens der Experten der thatsächlich eingetretene Stau vom Jahre 1882 aus der Publikation über das Sperrschiff von Baron Engerth entnommen. Dieser Eistrückstau würde die Mündung der Einwölbung auf 2·0 m Höhe verlegen, und hätte die Erweiterung an jener Stelle zu beginnen, wo die Stau-Horizontale die Einwölbungssohle im Längenprofile schneidet.

An der Einwölbungsmündung wäre auch noch die (durch das Sperrschiff herabgedrückte) Hochwasserhöhe im Donaukanale mit 4·0 m ober Null in Betracht zu ziehen. Eine flüchtige Ueberlegung aber über den Unterschied der Wirkungsweise zwischen fließendem und stehendem Wasser zeigt, dass diese Erscheinung den Abfluss in den Einwölbungsröhren nicht zu hindern vermag.

Die Expertise hat nichtsdestoweniger geglaubt, auch auf solche Fälle Rücksicht nehmen zu müssen und die Trichterlänge auf die ideale Stauweite für + 4 m Wasserstand im Donaukanal zurück angenommen und ist dadurch zu der grossen Länge bis zur Schwarzenbergbrücke gelangt.

Hier ist zu bemerken, dass die direkte Anwendung der üblichen Stauweitenbestimmung insofern entfällt, als das Profil sich stets erweiternd derart mit Absicht vergrössert wurde, dass das Oberflächengefälle 2·2⁰/₀₀ bleibe; es findet also in diesem Falle kein die zufließenden Wienfluss-Hochwässer weiters beeinflussender Stau statt.

Es wäre sonach eine so weitgehende Trichterverlängerung nach dem Sohlengefälle der Expertise eigentlich nicht erforderlich, doch hat das Bauamt die Trichterlänge beibehalten, weil sich eine, wenn auch nicht wesentliche Aenderung des Sohlengefälles als nothwendig herausstellte.

Die II. Expertise hat die den Wienflussregelungs-Projekten eigenthümliche Verquickung von Stadtbahn und Einwölbung nicht näher in Betracht gezogen, wodurch die ganze Projektsauffassung wesentlich vereinfacht wurde.

Das Bauamt hingegen konnte diese Frage nicht umgehen, sondern hatte zu suchen, welches Gefälle dem Abflusse zu geben sei, damit gegebenenfalls eine Ueberführung der Stadtbahn über die Wienfluss-Einwölbung, sei es in Richtung der bauamtlichen Durchmesserlinie, sei es in der Trace der Donaukanallinie nach Siemens, möglich wird; oder es hatte zu erklären, es müssen alle Bahnen in Wien, welche die Einwölbung übersetzen wollen, Hochbahnen sein. Es wurde demnach die möglichst zulässige Gefällssenkung studirt. Diesbezüglich konnte von unten aufwärts als Richtschnur dienen, dass der Eistrückstau von 2 m Höhe die Sohle erst bei der Schwarzenbergbrücke zu schneiden brauche,

und dass von diesem Punkte das Sohlengefälle den Umständen insofern beliebig angepasst werden könne, weil ja die Trichtererweiterung rücksichtlich der Dimensionenbemessung auf die horizontale Sohle des Eistrückstaues basirt ist. Durch diese Annahme sind Höhenlagen erzielt, welche die Ueberschreitung des Einwölbungskörpers durch den Durchmesser und die Donaukanallinie gerade noch gestatten.

Aber diese Tieferlegung erschien nach oben auch aus hydraulischen Gründen nothwendig. Das Bassin am Kopfe der Einwölbung hat nämlich nicht allein den augenscheinlichen praktischen Interessen (Schotterlagerung u. dergl.) zu dienen, sondern dem weit wichtigeren Zwecke, das im offenen Bette mit 2·5—3·0 m hoch zulaufende Wasser in das geschlossene Einwölbungsprofil mit 5·0 m, also der doppelten Höhe, überzuführen, ohne dass schädliche Aufstauungen stattfinden dürfen.

Die Wasserhöhe in der Einwölbung verbunden mit der Wasserhöhe im freien Bette muss noch ein Gefälle ergeben, welches sowohl das Wasser im offenen Bette nicht aufschwellen, als auch den Eintritt in die Einwölbung mit der gegebenen Fläche der letzteren möglich macht. Dies konnte nur möglich werden, wenn beim Schlachthause die Sohle wenigstens um 0·50 m gesenkt wird.

Zwischen den beiden Senkungskoten der Schwarzenbergbrücke mit ca. 1·50 m und beim Schlachthause mit 0·50 m waren nun die Gefälle zu vertheilen.

Diese Austheilung ergibt durchaus für jede Strecke der einzelnen Profile wesentliche Gefällsaufbesserungen gegenüber jenen der II. Experten, so z. B.:

2·23 und 2·78, 3·20 ⁰ / ₀₀	gegen	2·2 ⁰ / ₀₀
3·20 und 3·76 ⁰ / ₀₀	"	3·0 ⁰ / ₀₀
3·76 " 4·50 ⁰ / ₀₀	"	3·5 ⁰ / ₀₀
4·5 ⁰ / ₀₀ "	"	4·0 ⁰ / ₀₀

so dass die theoretische Berechnung mit 600 m³ Abfuhrvermögen überall zutrifft. — Bei dem ursprünglichen Expertengefälle, wenn das Oberflächengefälle angenommen wird, trifft dies nicht immer zu und ist daher dieses Verbessern des Gefälles auch eine Nothwendigkeit gewesen.

In Folge dessen kann man sich nun auch erlauben, die vom Bauamte vorgeschlagenen Bankettprofile an den Aussenseiten beizubehalten, welche in praktischer Hinsicht viele Vortheile bieten.

Diese Gefällsverhältnisse sind in dem Längenprofile auf Taf. II ersichtlich gemacht.

Aus dem Schlusssatze des Antrages 3 geht hervor, dass die Experten mit der Reservoir-Anlage bei Weidlingau einverstanden sind. Das Bauamt hatte das Fassungsvermögen dieses Reservoirs mit 1 800 000 m³ beantragt. Die Expertise reduziert dieses Erforderniss auf nur 1 600 000 m³, welches Ausmaass auch dem Detailprojekte zu Grunde gelegt wurde.

Antrag 4. „Vor und oberhalb der gewölbten Strecke sind im Gerinne des Wienflusses, u. zw. wenigstens an zwei Stellen Fangrechen anzulegen, um herabschwimmende Gegenstände von dem Eintritte in die Einwölbung abzuhalten und an diesen Stellen aus dem Flussbette entfernen zu können.“

Diese beiden Stellen können naturgemäss nur in das Bassin bei Weidlingau und unmittelbar vor die Einwölbung längs des Gumpendorfer Schlachthauses verlegt werden.

Die weitaus grösste Wirkung wird dem Weidlingauer Bassin zugewiesen, und sind die betreffenden Vorkehrungen dem Situationsplane auf Taf. III zu entnehmen. Das Bassin bildet sich durch das in sieben Haltungen abgetreppte Flussbett, wobei die Wässer von jeder oberen in die nächst untere Haltung nur durch Ueberstürzen der Traversendämme gelangen können. Da nun durch diese Abtreppung das grosse Gefälle des Wienflusses auf das nahezu horizontale der Haltungen herabgedrückt wird, so fehlt fast alle Geschwindigkeit, welche Sand oder Schotter zu tragen vermöchte, und da eine Füllung der Bassins nur immer durch das obere, also klarere Wasser geschieht und zu einer vollständigen Füllung die Zeit von ca. $2\frac{1}{2}$ Stunden nöthig ist, so kann das zuletzt abfliessende Wasser als ausreichend geklärt angesehen werden.

Im ersten Bassin werden auch ausgedehnte Rechen angelegt werden. Schiefe Auflaufbäume fördern anschwimmende Gegenstände so hoch, dass sie von den Gängen aus erreichbar sind und mit Haken an das Land gezogen werden können. Aehnliches kann von jeder Quertraverse aus von den projektirten eisernen Gängen geschehen.

Besondere Sorgfalt ist im Detailprojekte dem Mauerbache mit seinen bedeutenden Schottermengen gewidmet worden. Durch die Verminderung des Gefälles von 5 auf $0.5\frac{0}{100}$ werden die Geschiebe gezwungen, zu fallen; das so gereinigte Wasser fällt dann erst über die Rundtraverse in das eigentliche Bassin, in welchem auch die feineren Sinkstoffe zu Boden fallen. Schwimmende Gegenstände können von den Gängen aus leicht ebenfalls entfernt werden.

Alle Dammkronen, die das Bassin umschliessen, werden 2 m über Hochwasser und überall begehbar mit Traversengängen angelegt, welche zusammen in ein einheitliches Netz verbunden werden, so dass jeder Punkt leicht zugänglich sein wird. — Für den Inspektionsdienst sind Baulichkeiten am Einlaufswerke projektirt.

Zur Sicherung für alle Verhältnisse werden ferner in reichlicher Anzahl Durchlässe mit eisernen Nadelverschlüssen angebracht, wodurch, falls sich die Nothwendigkeit ergibt, lokale Entlastungen möglich werden.

Dem Berichte der II. Expertise ist nur zu entnehmen, dass Bassins mit dem Fassungsraume von 1 600 000 m³ einzurichten sind. Das Bauamt hat jedoch durch die Einführung von Umläufen noch für eine erhöhte Sicherheit gesorgt. Das Wasser hat dann zwei Wege offen. Es fliesst nämlich ein Theil in den Umlauf, soweit es die Einflussöffnung gestattet, und nur der übrigbleibende Theil muss den Weg durch die Bassins nehmen. — Es ist nun unzweifelhaft, dass das Wasser im Umlauf schneller als jenes in den Haltungen fliesst und daher (je nach der Hochwasserdauer um einige Stunden) früher in die Einwölbung gelangen wird, als das durch das Bassin fliessende Wasser. Das ursprüngliche Hochwasser kann auf diese Weise für die Einwölbung etwa auf die Hälfte reduziert werden. Dieses günstige Resultat aber hört auf, wenn die Hochwasserkulmination am Bassin-Ende sich mit dem aus dem Um-

laufe kommenden Hochwasser vereinigt. In solchen Fällen wirkt das Reservoir nicht mehr, d. h. das Wasser überschiesst dasselbe und die Einwölbung muss das ganze Wasser aufnehmen.

Wenn nun auch in Folge des letztgenannten Umstandes die Einwölbung nicht reduziert werden kann, so ist doch gewiss, dass die durch den Umlauf erreichte Wasserspaltung die Reservoirkapazität gewissermaassen verdoppelt und so einen sicheren Vortheil bietet. Eine weitere Sicherheit liegt wohl auch darin, dass die 1 600 000 m³ Fassungsraum faktisch vorhanden sein werden, während die Ziffer von 1 600 000 m³ aus einer Kurve, welche auf die theoretische Kubatur von 600 m³ basirt ist, ermittelt wurde.

In dieser Weise war schon in der bauamtlichen Vorlage an die II. Expertise von der „Mauerbachausschliessung“ die Rede, und war angegeben, dass durch Wiederholung ähnlicher Maassnahmen Reduktionen des Abflussprofils erreicht werden könnten. Obwohl die Expertise in eine Besprechung dieser Maassnahmen nicht einging, so glaubte das Bauamt in Folge der augenfälligen Vortheile doch das Grundsätzliche des damaligen Projektes beibehalten zu sollen.

Unmittelbar vor der Einwölbung selbst ist längs des Schlachthauses das Vorbassin projektirt, welches die Gegenstände, die zwischen Weidlingau und der Einwölbung in das Flussgerinne gelangen sollten, von der Einwölbung fernhalten soll. Das Wasser stürzt zuerst über ein Wehr und gelangt dann in ein überweites Profil. In dieses Bassin werden Rechenreihen eingesetzt, zwischen welchen die Gegenstände passiren müssen. Um die Schotterwanderungen zu verhüten, sind in Distanzen von 2 m Trockenmauern auf die Höhe von 1.5 m aufgeführt, und werden so Schotterfangkästen gebildet.

Die Mittelpfeiler des Portals springen um 30 m vor, um die Eintrittskontraktion zu ermässigen. Hinter dem Portale sollen die Abschlüsse für die Einwölbung angebracht werden. Diese sind ihrer Einrichtung nach Nadelwehre, welche auf Ketten und Winden hängend, auf Laufschienen in die Oeffnungen oder seitwärts herausgeführt werden können. Sind die Nadeln alle nebeneinander belassen, dann hat man einen vollständigen Abschluss; werden mehrere einzeln oder partienweise herausgenommen, einen nur theilweisen. Es sind daher in einfachster Weise alle Grade des Verschlusses durchführbar.

Antrag 5. „In den Zuflüssen des Wienflusses sind für die Zurückhaltung der Geschiebe Schotterfänge anzulegen und fassungsfähig zu erhalten, ausserdem soll auch die Befestigung der Böschungen im Hauptgerinne und in den Seitenbächen durchgeführt werden.“

Von Weidlingau abwärts sind die Ufer nahezu durchgehends im Sinne dieses Antrages geregelt, so dass nichts vorzusorgen ist. In den übrigen Gebieten ist dies Sache des vom Landesbauamte in Arbeit genommenen Projektes, welches unzweifelhaft darauf Bedacht nehmen wird.

Antrag 6. „Das Projekt einer Nutzwasserleitung abzwiegend vom Wienflusse zu Zwecken einer Spülung der in der Stadt und den Vororten bestehenden und noch zu erbauenden Kanäle, wird aus sanitären Gründen auf's Wärmste befürwortet.“

Die weitere Behandlung dieses Gegenstandes ist nach der gegenwärtigen Sachlage nicht am Platze, da es sich nun lediglich um das Wienfluss-Einwölbungsprojekt handelt, und da es nicht erwünscht ist, die Lösung dieser Frage durch eine Verbindung mit anderen Fragen zu erschweren.

Antrag 7. „Die verunreinigten und der Gesundheit schädlichen faulen Wienflusswässer sollen an geeigneter Stelle in die längs der beiden Ufer liegenden Cholerakanäle geleitet und in diesen entfernt werden.“

Diesem Antrage kann nicht ohne Weiteres entsprochen werden, und ist dies auch bei Durchführung der Einwölbung mit den vom Bauamte vorgeschlagenen Bankettprofilen nicht nothwendig. Beim Gumpendorfer Schlachthause liegen die Cholerakanäle zu hoch und ein Aufstauen der Schmutzwässer ist nicht thunlich. Auch ist das Profil der Cholerakanäle, namentlich in dem oberen Theile, bis zur Grenze ausgenützt, so dass schon bei unbedeutenden Niederschlägen die Ueberfälle, welche die Cholerakanäle in den Wienfluss entlasten, wirken.

Es ist übrigens nicht ersichtlich, welche Uebelstände das Schmutzwasser in den mit Quadern ausgekleideten Gerinnen mit sich bringen soll.

Dagegen wird für die untere Strecke, welche offen zu lassen beantragt wird, eine Studie ausgearbeitet, welche die Wegleitung der aus den Einwölbungen kommenden Abflüsse (in trockenen Zeiten) zum Gegenstande hat.

Antrag 8. „Eine Aenderung der bestehenden kulturellen Verhältnisse im Wienflusse soll möglichst hintangehalten werden, und ist auch die Regulirung der übrigen Wienflussstrecken sammt Zuläufen nur derart durchzuführen, dass die heutigen Abflussverhältnisse nicht nachtheiliger gestaltet werden.“

„Die ganzen Agenden der Wienfluss-Regulirung sind daher einer eigenen, der Wienfluss-Regulirungs-Kommission, zuzuweisen, in welcher Kommission der Stadtgemeinde Wien die nöthige Ingerenz gewahrt ist.“

Ausgehend von der Ansicht, dass die Regelung der übrigen Wienflussstrecken sammt Zuläufen so auszuführen ist, dass die Abflussverhältnisse nicht nachtheiliger werden, hat die Gemeinde bereits früher gegen die geplanten Weidlingauer Durchstiche Einsprache erhoben, und ist heute die Durchführung des ganzen Projektes in gegenseitiger Gemeinsamkeit von Stadt und Land bereits angebahnt.

Die Aufrechthaltung der bestehenden kulturellen Verhältnisse ist Sache des Staates, in dessen Besitze der weit aus grösste Theil des Wienflussgebietes sich befindet. Soweit es an der Gemeinde Wien gelegen ist, wird gewiss nichts übersehen werden, was in dieser Richtung von Einfluss sein könnte.

Eine Bürgschaft für alle Zeiten kann von Niemandem übernommen werden, also auch nicht von einer „Wienfluss-Regulirungs-Kommission“. Uebrigens gibt es Mittel in genügender Zahl (wie solche auch vom Bauamt der Expertise vorgeschlagen waren), um bei ungünstiger werdenden Verhältnissen durch Vermehrung von Einbauten im Waldgebiete die Abflüsse nach Wien zu regeln.

Damit ist die Besprechung der Expertenanstrengungen erschöpft.

In kurzer Fassung nochmals wiederholt, hat die Expertise die Ausführung der Ableitung nach dem Generalprojekte des Bauamtes nicht empfohlen, sondern vorgeschlagen, zu den vom Bauamte beantragten, bereits vorhandenen zwei Oeffnungen der Einwölbung, den Ersatz für die Ableitung als dritte Oeffnung hinzuzufügen.

Das Profil der Ableitung muss naturgemäss, wenn es in die Verhältnisse des Wienflussbettes selbst gelegt wird, auch die Dimensionen, welche das Gefälle und sonstige Zustände bedingen, annehmen. So ergeben sich also drei Profilloffnungen mit den vom Stadtbauamte vorgeschlagenen Dimensionen (Taf. II).

Diese Profile haben halbkreisförmige Gewölbe mit Kreisbogen als Widerlager. Eine vergleichweise Untersuchung ergab, dass Segmentgewölbe mit geraden Widerlagern nicht solche Vortheile als die halbkreisförmigen Profile bieten und letztere als weitaus ökonomischer vorzuziehen sind.

Dementsprechend sind die Bauamtsprofile auch nach einer genauen Abwägung der konstruktiven Verhältnisse seitens der Experten gutgeheissen worden und muss hervorgehoben werden, dass in diesem wesentlichen Theile des Projektes keine Meinungsverschiedenheit besteht. Die betreffenden Profile haben während der nun fünfjährigen Verhandlung weder hinsichtlich der Form noch hinsichtlich der Grösse eine Aenderung erfahren.

Ebenso kann das Bauamt darauf hinweisen, dass die von demselben seinerzeit nicht empfohlene Art der Reservoiranlagen der I. Expertise auch von der II. Expertise fallen gelassen wurde, welche letztere sich der bauamtlichen Auffassung der Anlage grosser Sammelbassins am Kopfe der Abzugskanäle angeschlossen hat.

Es bliebe nun bloss aufzuklären, warum die Experten das bauamtliche Beweismaterial für die Hochwassermenge von 300—400 m³ unbeantwortet gelassen und wieder zu der früheren Ziffer der I. Expertise von 600 m³ zurückgegriffen haben. Diese rein wissenschaftliche Frage fällt jedoch ausser den Rahmen dieses Berichtes und ist in der oben erwähnten Publikation*) eingehend behandelt und auf Grund des von den Experten selbst beigebrachten neuen Materials der neuerliche Beweis, dass die niedrigere Ziffer die wahrscheinlichere ist, zu erbringen versucht worden.

Indem nun so die allgemeinen Grundzüge und ihr Verhältniss zu den Anträgen der II. Expertise geschildert sind, stellt sich diese Vorlage als ein Detailprojekt für die Wienfluss-Einwölbung vom Gumpendorfer Schlachthause an bis zur Tegetthoffbrücke, resp. bis zum Donaukanale dar. Von der Tegetthoffbrücke abwärts soll das Bett vertieft werden bis auf die Höhe der zukünftigen Einwölbungssohle und sollen die bestehenden Böschungen mit kleinen Stützmauern und Steinsätzen auf die neue Sohle abgestützt werden. Die Sohle selbst soll mit den aus den Böschungspflasterungen in der Einwölbungsstrecke gewonnenen Steinen versichert werden.

Die Stubenbrücke würde eine Tieferlegung der Sohle nicht vertragen, weil ihre Pfeiler auf Inselschüttungen mit Bruchsteinen gegründet sind. Ausserdem ist das hydraulische

*) „Bestimmung der Hochwasserkubaturen etc.“, „Wochenschr.“ 1887, Seite 98.

Abfuhrvermögen ihrer Oeffnungen kleiner, als jenes des Einwölbungsprofils bei der Tegetthoffbrücke. Es wird daher beantragt, dieses Bauwerk abzutragen und an seiner Stelle die Konstruktion der Tegetthoffbrücke aufzustellen.

Die Situation der ganzen Einwölbung ist beinahe die gleiche, wie jene im Generalprojekte. Die Expertise hat sich mit den Bedingungen, welche die Stadtbahn und Baulinienführung schaffen, nicht beschäftigt. Es lag daher für das Bauamt kein Grund vor, die früher gewählten Verhältnisse zu verlassen. Von der Elisabethbrücke bis zur Gemeindegrenze ist übrigens die Lage der Einwölbung durch den Beschluss des Gemeinderathes über die Baulinien festgestellt.

Auf die Höhe der Baukosten werden in erster Linie die Gründungsverhältnisse einflussnehmend sein.

Die Bohrversuche in Wien haben gezeigt, dass von der Schwarzenbergbrücke aufwärts der Tegel rasch aufsteigt. Die Bodenverhältnisse sind für die Fundirung umso günstiger, als die Einbettung der Einwölbung in das alte Bett ziemlich tief erfolgt. Der Baugrund ist durchaus Tegel, nur an einzelnen kleinen Stellen festgewachsener Schotter.

Von der Schwarzenbergbrücke abwärts sinkt aber die tragfähige Tegelschicht sehr rasch und liegt unterhalb der Stubenbrücke bereits mehr als 5 m tief unter der heutigen Wienflusssohle. Es findet sich jedoch fester Donauschotter vor, auf welchem auch die Gründung im unteren Theile projektirt ist.

Die aufgeschlossenen verlässlichen Terrainschichten, welche als Fundamentsohle angenommen sind, erscheinen in dem Längensprofile (Taf. II) dargestellt.

Ober diesen Linien zeigen die Sonden durchaus nur angeschwemmtes, vom Wasser durchzogenes, wenig festes Material, welches nicht als tragfähig bezeichnet werden kann.

Auch dort, wo die Einwölbungsprofile in die Böschungen greifen, findet sich nur wenig feste Anschüttung.

Es erscheint daher rathsam, auf die Standfestigkeit der seitlichen Erdwände nicht zu rechnen, und bei der Bestimmung der Widerlagerstärken den in günstigem Sinne wirkenden Erddruck nicht zu berücksichtigen, was schon aus dem Grunde anzunehmen räthlich ist, weil bei den baulichen Veränderungen einer Grossstadt kein Widerlager der Einwölbung sicher ist, nicht einmal durch eine daneben zu legende Stadtbahn, durch Magazine etc. blossgelegt zu werden.

Eine ähnliche Vorsicht ist auch rücksichtlich des zunehmenden Druckes auf die Fundamentsohle geboten. Die Erdproben lassen durchaus auf sehr festen Untergrund schliessen, welcher in praktischer Ausführung vielleicht auch einen Druck von 5—7 kg pro 1 cm² gestattet. Doch ist fester Tegel, wenn Wasser und Luft dazutreten, ein Material, welches Vorsicht erheischt, namentlich da ja nach vollzogener Einwölbung derselbe bloss 1.5—1 m tief unter der Sohle der Einwölbung liegt. Jedenfalls dürfte auf 3 kg pro 1 cm² gegangen werden können. Für diese Annahme ist die Breite der Widerlager, sowie der Mittelmauer-Fundamente bestimmt worden.

Rücksichtlich der Belastung durch den Strassenverkehr hat die Expertise grosse Achsdrücke, die durch

Wägen entstehen, welche Lokomotiven transportiren, angenommen, wodurch sich natürlich auch grössere Ausweichungen der Drucklinie von den Innenwänden, also stärkere Widerlager ergeben haben.

Die Experten haben auch auf die „Wasserstösse“ hingewiesen, welche die Tunnelwandungen der seitlichen Ableitung erleiden würden; es ist daher dieser Umstand jedenfalls auch bei der Einwölbung in Betracht zu ziehen, und zwar besonders bei den Mittelwänden, weil selbe beiderseits frei stehen und nicht, wie dies bei der Ableitung der Fall gewesen wäre, vorwiegend in einer Geraden liegen, im Gegentheile bei der Einwölbung viele und scharfe Krümmungen vorkommen. Bei Anordnung von drei Oeffnungen ergeben sich aber sogar zwei Mittelwände, die schon deshalb mit Vorsicht behandelt werden müssen, weil die einzelnen Oeffnungen in ihrem Bestande voneinander abhängig sind. — In Krümmungen ist es nun unerlässlich, an der konkaven Seite die Aussenseite in Stein auszuführen.

Bei den Mittelwänden ist die Mauerstärke für eine Verkleidung zu schwach; es müssen dieselben daher in Krümmungen ganz aus Quadern ausgeführt werden.

Die Steinverkleidung an den konkaven Seiten der Widerlager ist in den Kostenanschlägen ersichtlich und ist der Oekonomie halber Bruchsteinmauerwerk mit voller Einbindung und Bearbeitung der Aussenseite angenommen.

Die Forderung der Expertise, über der Sohle auf 2 m Höhe durchaus Quadern einzulegen, ist der sehr grossen Kosten wegen nicht ganz berücksichtigt worden. Es sind jedoch die weitgehendsten Vorsichten in Anwendung gekommen. Ein starkes Granitpflaster von 25 cm Stärke in Beton gebettet, bildet den unteren Abschluss. Zur Verhinderung eines Durchreissens der Sohlenkonstruktion sind in Abständen von 20 m Quermauern beantragt.

Ferner sollen die Cunettenwände mit Quadern seitlich armirt, die Kämpfersteine der Gewölbe und die stark angegriffenen Sohlen-Eckstücke aus Granitquadern hergestellt werden. Zur besseren Festigung der Mittelmauern in den geraden Strecken ist an der schwächsten Stelle eine durchbindende Quaderschaar projektirt.

Wo nicht besondere Verhältnisse obwalten, ist die Verkleidung der Wände überall mit Klinkersteinen im Interesse einer billigen Erhaltung vorgesehen.

Für die Hinterfüllung der Widerlager an das gewachsene Erdreich ist Tegelfüllung oder Steinschlichtung vorgedacht. Ebenso ist über den Gewölben, dort wo keine hohe Anschüttung die Sicherheit für Vertheilung der schweren Achsdrücke des Wagenverkehrs gewährleistet, eine Steinschlichtung angenommen.

Die Stärken der Gewölbe wurden nach den statischen Regeln ermittelt und ist die Beanspruchung von 8 kg pro Quadratcentimeter Gewölbmauerwerk nirgends überschritten.

In dem Häuser-Engpass von dem Schikanedersteg aufwärts ist die erforderliche Breite für drei Oeffnungen gerade noch auf das Knappste vorhanden und die Ausführung (wohl mit Schwierigkeiten) möglich, ohne direkt zu Häusereinschlüssen schreiten zu müssen.

Diese Ursache und ebenso die Erscheinung, dass auf langen Strecken die Einwölbung höheres Anschüttungsniveau verlangt, als die daneben liegenden Strassenzüge besitzen, bedingt langgestreckte Kanalumlegungen, Stützmauern gegen das Trottoir etc., welche in dem Kostenanschlage vorge-dacht sind. In demselben ist auch die vollständige Anschüttung der Wienthalstrasse und die Herstellung der 14 m breiten Mittelfahrbahn in Macadam enthalten.

Auch hier ist mit grösstmöglicher Sparsamkeit vorgegangen worden und sind gegen die Hinterseiten der bestehenden Häuser blos bepflanzte Böschungen auf der Anschüttung angenommen.

Da durch die Tieferlegung der Einwölbungssohle starkes Zufließen von Grundwasser zu erwarten steht, so werden die Arbeiten sich schwierig gestalten, ferner wird es unvermeidlich sein, an engeren Stellen Streifen von Privatgrund (bis zur projektirten Baulinie) für den Bau zu erwerben.

Trotz aller Ueberwälzung von Verpflichtungen auf den Unternehmer rücksichtlich Hochwasserschäden in den Bedingungen, sind in den mannigfachen Zwischenfällen eines Wienfluss-Hochwassers Fälle nicht undenkbar, wo die Gemeinde Wien zu Auslagen schreiten muss. Aus diesem Grunde ist die Ansetzung eines ca. 10%igen Zuschlages zur ganzen Kostensumme eine Nothwendigkeit. Auch für die Kosten der Bauleitung muss in entsprechender Weise Vorsorge getroffen werden.

Die Herstellungen in Weidlingau sind in zwei Alternativen behandelt und ist im zweiten Ueberschlage eine Verminderung der Kosten angestrebt worden.

Rücksichtlich der Preise, welche dem Kostenanschlage zu Grunde gelegt wurden, muss bemerkt werden, dass dieselben nicht die Einheitspreise des städtischen Tarifes sind, sondern solche, wie sie sich nach dem heutigen Stande des Baumarktes erwarten lassen. Eine wesentliche Unterbietung bei der Offertverhandlung wird kaum zu erwarten sein.

Es muss ferner erwähnt werden, dass die verfügbaren Böschungsteine, die vorhandenen Brücken u. s. w. in den betreffenden Ausmaassen genau berücksichtigt wurden.

Die Kostenanschläge umfassen:

1. Die Einwölbungskosten vom Gumpendorfer Schlachthause bis zur Tegetthoffbrücke sammt dem Vorbassin längs des Schlachthauses;

2. die Arbeiten in der offen zu belassenden Strecke von der Tegetthoffbrücke bis zum Donaukanale, wenn die Einwölbung nicht über die Tegetthoffbrücke hinab geführt wird;

3. die Kosten für die Einwölbungsstrecke Tegetthoffbrücke-Donaukanal, falls dieselbe zur Ausführung gelangen sollte;

4. die Kostenanschläge für das Weidlingauer Bassin. Dieselben haben:

a) jene Herstellungen zum Gegenstande, welche überall in den Plänen zum Ausdrucke gebracht sind und eine reichlichere Verwendung von Baumaterialien und Konstruktionsmitteln für die Abschlussdämme in Betracht nehmen oder

b) es wird eine solche Kostenzusammenstellung gegeben, welche sich auf das lediglich Nothwendigste beschränkt, um den Zweck zu erreichen.

In den Kostenanschlägen sind daher Beträge aufgenommen, welche, wenn an Kosten gespart werden soll, gewisser Herabminderungen fähig sind, ohne dass noch gegen jene Solidität verstossen wird, welche die Grundlage eines solchen Bauwerkes bilden muss.

So ist bei der Einwölbung darauf Bedacht genommen worden, dass zwei Gattungen Quader in Verwendung kommen können, wovon die an Qualität geringere an nicht exponirten Stellen gebraucht werden kann.

In gleicher Weise wurde versucht, durch Ansätze von Preisen über Mauerwerk, zu welchem der allfällig gewonnene Sand, Schotter, altes Mauerwerk, Brückenquader verwendet werden könnte und welche Materialien Eigenthum der Gemeinde sind, an Kosten zu sparen.

In den Weidlingauer Reservoiranlagen entfällt der grösste Theil der Kosten ausser auf die Grundeinlösung auf Erdarbeit, Trockenmauerwerk und Spundwände, und kann in diesen Herstellungen rücksichtlich des Ausmaasses nicht gespart werden. Hier ist eine Kostenverminderung nur durch Verkürzung der steinernen Traversen, welche die einzelnen Wasserhaltungen voneinander abschliessen, zu erreichen. Man muss in diesem Falle die Steintraversen zum grösseren Theile durch mit Steinsätzen und Abpflasterung armirte Dämme ersetzen. In den Plänen sind die Querdämme als steinerne Wehrkörper durchaus bis zur tragfähigen Schichte gemauert, und ist die Wasserübersturzfäche mit Quadern abgedeckt angenommen, u. zw. deshalb, weil es wünschenswerth wäre, das Wasser in möglichst grosser Breite abstürzen zu lassen, da auf diese Weise nur eine geringe Ueberfallshöhe und eine kleine Wassergeschwindigkeit entstünde. Ueber Erddämme kann man das Wasser nicht stürzen lassen, wenngleich dieselben wohl auch mit Stein armirt und über die Wasserhöhe geführt werden. Die eigentlichen Wehrkörper für den Wasserüberfall beschränken sich daher in diesem Falle auf einzelne gemauerte Ablässe. Es stellen sich nun die einzelnen Kostenanschläge wie folgt:

1. Einwölbungsstrecke vom Schlachthause bis zur Tegetthoffbrücke sammt Vorbassin und Regulirung der Strecke von der Tegetthoffbrücke abwärts fl.	13 000 000
2a. Einwölbungsstrecke von der Tegetthoffbrücke bis zum Donaukanal	7 500 000
2b. Dieselbe Strecke, jedoch offen im Anschlusse an die gewölbte Strecke	600 000
3a. Die Weidlingauer Reservoiranlage mit gemauerten Wehrtraversen sammt Grundeinlösung	4 800 000
3b. Wie vor, jedoch mit gepflasterten und mit Steinsätzen armirten Erdtraversen und mit Ueberfällen	3 500 000

Daraus ergeben sich die folgenden Gruppierungen:

I. Wienfluss-Einwölbung, in der Strecke Schlachthaus-Tegetthoffbrücke mit daran sich schliessendem offenen Theil	fl. 13 000 000
Weidlingauer Anlage reduziert	3 500 000
zusammen fl.	16 500 000
Ia. Bei Anwendung von Steintraversen in Weidlingau ein Plus von (4·8—3·5 Mill.)	1 300 000
Totale fl.	17 800 000

II. Einwölbung wie vor, jedoch ohne offene Strecke (1·3—0·6)	fl. 12 400 000
Einwölbung in der Strecke Tegetthoffbrücke-Donaukanal	„ 7 500 000
Weidlingauer Bassin reduziert	„ 3 500 000
zusammen fl.	23 400 000
IIa. Bei Steintraversen ein Plus von . . .	„ 1 300 000
Totale fl.	24 700 000

III. Auslagen für Bauleitung und Diverses 400 000

Das Bauamt schlägt nun vor, die Einwölbung aus bereits früher erwähnten Gründen bloss vom Schlachthause bis zur Tegetthoffbrücke auszuführen, und von da an 'das heutige offene Wienflussbett so umzugestalten, wie es für den ungehinderten Abfluss der Wässer nöthig ist.

In Hinsicht auf die Herabminderung der Kosten werden beim Reservoirbaue unter steter Bedachtnahme auf volle Sicherheit armirte Erdtraversen beantragt, weil dieselben später immer noch durch Steinwehre ersetzt werden können.

Demzufolge schlägt das Bauamt vor:

I. Einwölbung vom Schlachthause bis zur Tegetthoffbrücke in drei Oeffnungen; Vorbassin und offene Strecke von der Tegetthoffbrücke zum Donaukanal . fl. 13 000 000

II. Weidlingauer Reservoiranlage (reduzierte Anlage) und sonstige Objekte . . . „ 3 500 000

III. Bauleitung und Diverses 400 000

zusammen fl. 16 900 000

Wie schon früher bemerkt wurde, ist rücksichtlich der Durchführung der Wienfluss-Einwölbung eine eigentliche Einlösung von Häusern nicht nothwendig, wenngleich bei der Baudurchführung die Einlösung verschiedener Grundstreifen nicht zu umgehen sein wird.

Der Ausbau der Wienthalstrasse als solche wird sich durch die zweckmässige Art der Baulinienbestimmung gewissermaassen von selbst, nämlich durch freiwillige Verbauung vollziehen, indem die Façaden der Häuser in die vorgezeichneten Baulinien rücken. Dies findet in der ganzen Länge der Wienthalstrasse statt, also auch bei der Häuserinsel des Bezirkes Margarethen (ober- und unterhalb des Magdalenensteges), während die Häuserinsel des VI. Bezirkes (von der Engel- bis zur Kanalgarbe) seinerzeit durch die Stadtbahn, deren Trace über diese Fläche geführt wird, einzulösen wäre. Aus diesem Grunde hat der Gemeinderath für diese Partie keine Baulinie bestimmt. Nach einer annähernden Berechnung, welche seinerzeit den Berathungen über die Baulinien in der Bausektion zu Grunde lag, beträgt der Einlösungswerth dieser Häuser fl. 900 000.

Bezüglich der Einnahmen, welche aus den durch die Einwölbung gewonnenen Baugründen zu erwarten wären, kann am besten auf den Bericht über das Stadtbauamts-Generalprojekt vom September 1882 verwiesen werden. Dort erscheint unter Abschnitt A an Erlös für neue Baublöcke gerechnet:

1. Gegenüber dem Schlachthause in Gumpendorf 73 876 fl.

2. An der Gürtelstrasse 201 096 fl. Diese Flächen haben durch die Baulinienverschiebung von 45 auf 60 m

Breite eine Verminderung erfahren, doch geht nur ein kleiner Theil dieser Beträge verloren.

3. Bei der Pilgrambrücke 460 614 fl. Diese Post entfällt, indem bei der Baulinienbestimmung die Vorlage eines Häuserblocks vor den bereits bestehenden Häusern abgelehnt wurde.

4. Am Getreidemarkt 877 974 fl. Diese Post erfährt eine sehr bedeutende Herabminderung, indem der verfügbare dreieckige Platz links vor dem Schikanedersteg, wegen Erhaltung der Fluchtlinie der bereits bestehenden Häuser von der Friedrichsstrasse zu jenen der Magdalenenstrasse, gelegentlich der Baulinienbestimmung bedeutend geschmälert wurde.

Alle diese vorbenannten Posten betragen zusammen nur 1 613 560 fl. und ist daher der Ausfall verhältnissmässig kein bedeutender.

Nach Post 5 war für die Strecke Friedrichsstrasse bis Tegetthoffbrücke, im Generalprojekte ein Erlös von 7 274 612 fl. und nach Post 6 unterhalb der Stubenbrücke, ein solcher von 5 746 264 fl. in Aussicht genommen, also zusammen 13 020 876 fl. Die Summe resultirte aus Flächenberechnungen von Baublöcken auf dem der Gemeinde Wien gehörigen Wienflussbette und waren angrenzende Stadterweiterungsfondsgründe nicht einbezogen.

Auch sollte die gerechnete Blockformation kein Vorschlag für die sofortige Ausführung sein, sondern bloss zur Schätzung und als Anhaltspunkt dienen, wie weit man mit der Grundverwerthung gehen könnte, wenn man diese vorwiegend als eine Einnahmequelle behandeln wollte. Es wurde aber unter Einem, wegen Bedachtnahme auf verschiedene Rücksichten für die wirkliche Durchführung eine Konkursausschreibung zur Erlangung von Verbauungsplänen namentlich in der Gegend nächst der Karlskirche von hiesiger Behörde angeregt. Diese Anregung wurde auch vom Gemeinderathe aufgegriffen, doch gelegentlich der Baulinienbestimmung, längs des Wienflusses vom Schikanedersteg aufwärts, einer späteren Zeit vorbehalten.

Nichtsdestoweniger muss hier neuerdings betont werden, dass eine Konkursausschreibung hier mehr als anderswo am Platze wäre. Denn es handelt sich nicht allein um die zweckmässigste Verbauungsart des Wienflusstreifens, sondern auch der benachbarten grösseren Flächen, welche dem Stadterweiterungsfonde gehören. Es wird sich daher empfehlen, die angeregte Konkursausschreibung im Einvernehmen mit dem dabei wesentlich interessirten Stadterweiterungsfonde einzuleiten.

Die Verbauung des Naschmarktplatzes, die Gestaltung des Platzes vor der Karlskirche, ebenso der Partie vom Schwarzenberggarten zur Stadt etc. bedürfen grossartiger architektonischer Lösungen und hängt von der mehr oder minder glücklichen Projektirung der Erlös aus den Baugründen wesentlich ab.

Die grössere Breite für die Wienfluss-Einwölbung, welche durch die dreitheilige Röhre nach dem Expertenvorschlage erforderlich wird, verringert nun die früher projektirt gewesene Baublockbreite, und da ein schmalerer Baublock keine so günstige Verbauung wie ein breiterer erlaubt, so ist die Werthreduktion nicht bloss der ver-

minderten Baublockfläche proportional. Doch kann immerhin auf einen Erlös aus der Strecke Friedrichsstrasse-Tegetthoffbrücke von ca. 4 000 000 fl. gerechnet werden.

Eine Einnahme aus den Baugründen unterhalb der Stubenthorbrücke entfällt vorläufig, da dort die Einwölbung nicht vorgeschlagen wird. Doch kann auch ein Offenlassen mit Quaimauern in solcher Lage gedacht werden, dass ein Ertrag auch in dieser Strecke mit ca. 2 000 000 fl. möglich ist.

Diese Einnahmen können aber durchaus nicht in voller Höhe den Baukosten gegenübergestellt werden, da dieselben nicht nur von der Aufstellung der Pläne, sondern auch von den Zufälligkeiten bei der Verwerthung hinsichtlich des Bedarfes an Baugründen und der Baulust überhaupt abhängig sind und sich unter allen Umständen auf eine lange Reihe von Jahren vertheilen werden.

Bezüglich der Art der Vergebung der Bauherstellungen schwebte zunächst der Gedanke vor, die Arbeiten an Einzelunternehmer, nach Arbeitsloosen getheilt, zu vergeben.

Solche Unterabtheilungen (Sektionen) der Wienfluss-Einwölbung in Wien, wären in nahezu gleichen Theilen:

1. Vom Donaukanal zur Tegetthoffbrücke.
2. Tegetthoffbrücke-Schikanedersteg.
3. Schikanedersteg-Pilgrambrücke.
4. Pilgrambrücke-Gemeindegrenze.

Eine Vergebung an Einzelunternehmer macht aber die Erfüllung der wesentlichen Bedingung nothwendig, dass der eine Unternehmer nicht von den Arbeits-Fortschritten seiner Nachbarn ober- und unterhalb beeinflusst sei. Diese Bedingung ist bei in Rede stehenden Arbeiten schwer erfüllbar. Wegen der Hochwässer, welche während der Einwölbungsarbeiten eintreten können, ist stets Sorge zu tragen, dass das Wasser aus einem kleineren Profil in ein grösseres trete und dürfen nicht ungleiche Baufortschritte vorhanden sein. Dies lässt sich bei getrennter Arbeit nicht erfüllen.

Am wesentlichsten ist aber der Umstand vom Einflusse, dass die neue Einwölbungssohle tiefer als die heutige Sohle liegen wird. Es kann daher nur von unten nach aufwärts mit dem Aushube und der Mauerung der Seitenwände und Sohle vorgegangen werden. In dieser Weise kommt das Wasser in zweckmässiger Art stets von der höheren Sohle in die tiefer gelegene mit grösserem Profil und ausgemauerten Sohle und festen Wänden.

Am Schlachthause mit diesen Arbeiten angelangt, wird das Vorbassin herzustellen und die Mauerung der Mittelwände und Gewölbe von oben nach abwärts, also in umgekehrter Richtung, zu führen sein, damit das Wasser wieder weiter abwärts das Profil ohne Pfeiler vorfinde etc.

Hienach wäre der Beginn der Arbeiten jedes Bau-looses daran geknüpft, dass bei der Sohle- und Wandherstellung der untere Nachbar seine Partie fertiggestellt habe. Dies gibt zu bedeutenden Unzukömmlichkeiten Anlass.

Einem Unternehmer, welchem aber das ganze Arbeitsfeld zu Gebote steht, kann jedoch auch eine andere Arbeitseintheilung, als wie vor beschrieben, vortheilhaft erscheinen und wird es nicht im Interesse der Gemeinde gelegen sein, dagegen Einsprache zu erheben, insofern letztere die Gefahr nicht zu übernehmen hat.

Die Beschaffung der Ablagerungsplätze für Arbeitsrequisiten, Rollbahnen u. dergl. wird an und für sich eine sehr schwierige sein; es würden diese Schwierigkeiten aber bis zur Unlösbarkeit gesteigert werden, wenn die Beschaffung getrennt für verschiedene Arbeitssektionen erfolgen müsste.

Aus all' diesen Gründen ist eine Untertheilung der Arbeiten in kleinere Partien nicht thunlich und wird die ganze Einwölbungsarbeit in Wien an einen Unternehmer zu vergeben sein.

Die Herstellungen am Reservoir in Weidlingau sind örtlich vollkommen getrennt und kann diese Arbeit allerdings an einen zweiten Unternehmer vergeben werden. Dann muss aber die vollständige Fertigstellung der Reservoiranlage früher erfolgen, bevor mit den eigentlichen Arbeiten in Wien selbst begonnen werden kann.

In der Hand eines Unternehmers liessen sich vielleicht auch hier Eintheilungen treffen, durch welche eine solche, gewiss nicht gewünschte Verlängerung der Bauzeit in Wegfall gebracht werden könnte. — Es dürfte daher auch nicht zweckmässig erscheinen, eine Trennung der Arbeiten in letzterer Richtung unter jeder Bedingung vorzuschreiben; jedenfalls wäre das Resultat einer Offertverhandlung abzuwarten und bei der Entscheidung in Betracht zu ziehen.

Als Bauzeit wird für die Einwölbung vier Jahre in Aussicht genommen und für das Reservoir drei Jahre, welch' letztere Frist zum Theile in obiger Zeit enthalten sein kann, sobald ein General-Unternehmer die Arbeiten ausführen wird, weil ein solcher in der Lage wäre, die Arbeiten am Reservoir nach Maassgabe der Sicherung seiner Arbeiten in Wien einzutheilen.

Bei getrennter Vergebung würde die Reservoir-Bauzeit auf etwa zwei Jahre zu verkürzen sein; es ist aber dann der Beginn der Einwölbung an die Fertigstellung des Reservoirs gebunden, so dass in diesem Falle die Gesamtbauzeit eine längere würde.

Der Wichtigkeit des Baues entsprechend, müssen auch die Uebernahmsbedingungen strenge sein und sollten die Objekte vor ihrer Uebernahme einer praktischen Erprobung ausgesetzt werden.

Die Anlage in Weidlingau wird ihre Haltungen mit dem gewöhnlich zufließenden Wasserquantum zu füllen haben und kann erst während des gefüllten Zustandes, der längere Zeit andauern muss, auf genügende Dichte des Bodens und der Dämme geschlossen werden.

Die Strassenherstellung, und zwar der Mittelstrasse, wird, wie schon bemerkt, vorläufig in Macadam ausgeführt, und ist diese Herstellung, sowie die Entwässerung der Strasse und jene der tieferen Gründe mittelst Steinzeugröhren, desgleichen die Kosten der Umpflasterung der aufzuholenden Seitenstrassen sammt den nöthigen Seitenabschlüssen durch Mauern, Pflasterstufen etc., im Kostenanschlage inbegriffen.

Die Herstellung von Gartenanlagen auf den hiefür reservirten Streifen und an der Stelle, wo später die Stadtbahn angelegt werden soll, ist in dem Kostenanschlage nicht in Betracht gezogen.

Am Schlusse dieser Darlegungen mag es nicht überflüssig erscheinen, hervorzuheben, dass mit der Vorlage

dieses Detailprojectes die seit 1882 schwebenden Arbeiten hinsichtlich der für Wien so hochwichtigen Wienflussregulierung zu einem gewissen Abschlusse gelangt sind.

Mit dieser Vorlage tritt die ganze Frage aus dem Stadium der Vorarbeiten heraus und in die Sphäre der praktischen Verwirklichung.

Diese Vorarbeiten, von dem ersten Fragebogen an, welchen der Gemeinderath im Jahre 1882 der I. Wienfluss-Expertise vorlegte, und in welchem alle nur denkbaren Kombinationen einer Regulirung berührt waren, mit dem darauffolgenden Generalprojecte des Bauamtes, ferner der weiteren Modifikation dieses Projectes als Vorlage für die II. Expertise, bis zu den in diesem Berichte besprochenen Anträgen dieser Expertise, ferner die Wassermessungen und sonstigen Studien des Stadtbauamtes hatten alle das einzige Ziel: jene Profilfläche der Einwölbung kennen zu lernen, welche die Abfuhr der grössten Hochwässer mit Beruhigung erwarten lässt.

Diese Vorarbeiten waren daher ebenso wichtig, als auch schwierig, haben aber zu einer wesentlichen Klärung der Sachlage geführt. Das Detailproject ist daher auf sicheren Grundlagen aufgebaut und mit verlässlichen Kostenberechnungen ausgestattet worden.

Wenn demnach der hohe Landtag vereint mit der Gemeinde Wien, bezüglich des aufzuwendenden Kostenbetrages in weitere Verhandlungen treten wird, so wird die Ausführbarkeit der daraus hervorgehenden Entschlüsse durch diese Vorlage wesentlich verbürgt sein.

Franz Berger,
Stadtbau-director.

Franz Kindermann,
Ingenieur.

Auf Grund dieser Vorlage wurden vom Gemeinderathe in seiner Sitzung am 22. November 1887 die nachstehenden Beschlüsse gefasst:

1. Der Gemeinderath genehmigt das vom Stadtbauamte verfasste Detailproject für die Wienflussregulirung, wonach in Weidlingau eine Reservoiranlage mit durch Steintraversen gebildeten sieben Bassinhaltungen, im Mauerbachthale ein zur Regelung der Abflüsse des Mauerbaches in die Wien zu erbauendes Reservoir und beim Gumpendorfer Schlachthause ein Vorbassin hergestellt, weiters der Wienfluss in der Strecke vom Gumpendorfer Schlachthause bis zur Tegetthoffbrücke eingewölbt und in der unteren Strecke bis zur dermaligen Stubenthorbrücke theils durch Ufermauern, theils durch Sohlenpflasterung und Befestigung der Talus regulirt wird.*)

2. Das genehmigte Detailproject ist dem hohen n.-ö. Landtage mit dem Ersuchen vorzulegen, sich an diesem Regulierungswerke im Sinne des in der Sitzung vom 19. Jänner 1887 gefassten Beschlusses mit einem angemessenen Betrage theilnehmen zu wollen.

3. Die Gemeinde Wien erklärt sich nur für den Fall bereit, das in Rede stehende Project auszuführen, wenn sowohl von Seite des Staates, als auch des Landes entsprechende Beiträge zu dieser Flussregulirung geleistet werden.

4. Der Herr Bürgermeister wird ersucht, wegen der Beitragsleistung Seitens des Staates, des Landes und des Stadterweiterungsfondes, sowie wegen der diesfalls festzustellenden Bedingungen mit den maassgebenden Faktoren sich in's Einvernehmen zu setzen und die Resultate seinerzeit dem Gemeinderathe zur Beschlussfassung vorzulegen.

*) Hienach stellen sich die Kosten laut Voranschlag pag. 12 und 13:

I. Wienfluss-Einwölbung	fl. 13 000 000
3 a. Weidlingauer Reservoir	„ 4 800 000
III. Auslagen für Bauleitung	„ 400 000
zusammen fl.	18 200 000

Kinematische Theorie der statisch bestimmten Träger.

Von Robert Land in Dresden.

4. Die Grundlagen der allgemeinen Theorie.

Einleitung. Obgleich die Theorie der statisch bestimmten Träger bereits so vielfach und umfassend durch Lehrbücher und mannigfache einzelne Abhandlungen behandelt worden ist, dass es unnöthig erscheinen möchte, eine neue Theorie aufzustellen, sobald dieselbe nicht bekannte Aufgaben auf eine einfachere Weise als bisher löst, trägt doch andererseits jede neue Behandlungsweise einer bereits vielfach durchgearbeiteten Wissenschaft zu deren tieferen Erkenntniss bei. Von diesem Gesichtspunkte aus mögen zunächst die nachstehend folgenden Grundzüge einer kinematischen Theorie der statisch bestimmten Träger aufgefasst werden, welche gegenüber den bisher aufgestellten Theorien in mancher Hinsicht den Vortheil grosser Allgemeinheit und Einheitlichkeit besitzt, und durch deren Anwendung sich auch solche statische Aufgaben lösen lassen, bei denen man mit den bisherigen Hilfsmitteln nur sehr mühsam zum Ziele gelangte. Dies wird später namentlich bei der Berechnung von ge-

wissen, allerdings nicht häufig angewandten Fachwerkträgern gezeigt werden.*)

Das beste Bild über die Wirkung einer wandernden Einzellast auf eine bestimmte Trägerstelle bieten zweifellos

*) Der Hinweis auf die allgemeine kinematische Behandlungsweise der statisch bestimmten Träger mit Benützung des nachfolgend angewandten Gesetzes der gedachten möglichen (virtuellen) Verschiebungen, welches das Bindeglied zwischen Statik und Kinematik darstellt, wurde von dem Verfasser bereits (und wahrscheinlich zum ersten Male) in einer im Jänner 1887 im „Wochenblatt für Baukunde“ erschienenen Abhandlung: „Ueber die Gegenseitigkeit elastischer Formänderungen u. s. w.“ gegeben, wo die Bemerkung enthalten ist (a. a. O. S. 25), dass die Aufgabe, die Einflusslinien für statisch bestimmte Trägerarten zu bestimmen, sich ohne Zuhilfenahme der Kräftelehre lösen lässt und ganz in das Gebiet der geometrischen Bewegungslehre (oder Kinematik) übergreift; es folgt diese Behandlungsweise unmittelbar aus dem Sinne der dort entwickelten allgemeinen (sowohl für statisch unbestimmte als bestimmte Träger geltenden) Sätze und Beziehungen. Man vergleiche meine kurzen vorläufigen Mittheilungen der vorliegenden Abhandlung in der „Schweizerischen Bauzeitung“, 1887, Bd. X, S. 157–160.

die Einflusslinien, durch deren Ermittlung man mit Leichtigkeit die ungünstigste Einstellung einer wandernden Lastengruppe oder der sie ersetzenden gleichförmig vertheilten Last für die gesuchte statische Wirkung auffinden kann und die nachfolgend angegebenen Grundeigenschaften dieser Einflusslinien ermöglichen eine einfache zeichnerische Darstellung derselben ohne irgendwelche Rechnung. Wie man nun bisher diese Linien auf dem Wege der Rechnung abgeleitet hatte,*) kann man umgekehrt aus der rein geometrisch-kinematischen Darstellung derselben wieder durch den geometrischen Zusammenhang auch zu den rechnerischen Ergebnissen gelangen.

§. 1. Grundbegriffe. Unter einem „Träger“ werde im Allgemeinen eine beliebige Verbindung von einzelnen starren Theilen, Glieder genannt, verstanden, welche, geeignet gestützt oder aufgelagert, befähigt ist, äusseren Kräften Widerstand zu leisten. Der einfachste Träger besteht aus einem einzigen starren Stück. Besteht der Träger im Besonderen aus einer gelenkartigen Verbindung gerader Stäbe, so heisst er ein Stabwerk oder Fachwerk. Enthält der Träger gerade so viel und nicht mehr starre Verbindungstheile, als (unter Berücksichtigung der stützenden Stellen, zur geometrischen Formbestimmung oder gegenseitigen Starrheit gerade hinreichen, so heisst ein solcher ein hinreichend oder genügend starrer oder ein geometrisch bestimmter Träger; ein solcher ist auch stets statisch bestimmt, d. h. die durch äussere Kräfte verursachten inneren Wirkungen an einer beliebigen Stelle desselben lassen sich lediglich durch Gesetze der Statik ermitteln, wie weiter unten gezeigt wird.**)

Zwei zusammenhängende starre Glieder können gegenseitig in drehbarer oder verschiebbarer Verbindung stehen) d. h. sie können sich

a) um einen gemeinschaftlichen Punkt drehen,

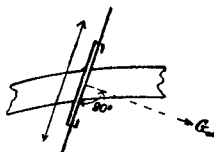
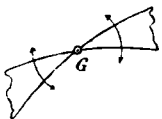
b) in Richtung einer gemeinschaftlich gedachten Linie verschieben.

Die erste Verbindung heisst kinematisch: Drehverbindung oder Drehpaarung und erfolgt durch ein Gelenk G (Fig. 1a), die zweite Gleitverbindung, Gleitpaarung, Richtungsparung und erfolgt durch eine in einer Führung

Fig. 1a.

Fig. 1b.

Fig. 1c.



befindliche und darin verschiebbare körperliche Säule (Prisma), (Fig. 1b und 1c). Eine Gleitverbindung kann aufgefasst werden als eine Drehverbindung, dessen Drehpunkt G (Achse) senkrecht zur Gleitrichtung in unendlicher Entfernung liegt (Fig. 1c).

*) Vergl. z. B. Fränkel: „Civil-Ingenieur“, 1876, S. 441; Winkler: Vorträge über Brückenbau; Melan: „Zeitschrift des Arch.- u. Ing.-Ver. von Hannover“, 1880; Steiner: Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Brückenbau, Cap. X.

**) Vergl. auch die Abhandlung des Verfassers: „Ueber die statische und geometrische Bestimmtheit der Träger, insbesondere der Fachwerkträger“, „Centralblatt der Bauverwaltung“, 1887, pag. 363—370.

Die ruhend gedachte Umgebung des Trägers kann bei einem ebenen Träger durch eine feste Stützebene, bei einem räumlichen Träger durch einen festen Stützkörper dargestellt werden und bildet das in Wirklichkeit festgehaltene Glied der ganzen Verbindung, welche in der bisher üblichen Ausdrucksweise der Kinetik als „kinematische Kette“ bezeichnet wird.

Die Verbindungsstellen der einzelnen Trägertheile mit der Stützebene, bezw. dem Stützkörper werden Auflagerungen genannt.

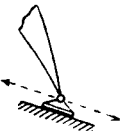
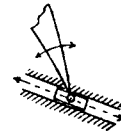
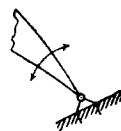
Bei den bisher ausgeführten (und wahrscheinlich auch in Zukunft auszuführenden) Trägern bestehen die Verbindungsstellen der einzelnen Trägertheile untereinander — abgesehen von der gänzlich starren Verbindung — nur aus Gelenken und die Auflagerungen, ausser einer vollständig starren Auflagerung (Einspannung), entweder aus reinen Gelenken (Fig. 2a) oder einer Vereinigung eines Gelenkes

Fig. 2a.

Fig. 2b.

Fig. 2c.

Fig. 2d.



mit einer Gleitverbindung, kinematisch dargestellt durch Fig. 2b, in Wirklichkeit ausgeführt nach Fig. 2c als Rollenlager oder nach Fig. 2d als (kippendes) Gleitlager; die gestrichelte Gleitrichtung wird als (theoretische) Auflagerbahn bezeichnet. Zur einfachen Unterscheidung dieser beiden Auflagerungen, ihrer theoretischen Wirksamkeit gemäss, nennen wir das erste Auflager ein festes Gelenklager, das zweite ein gleitendes Gelenklager. Reine Gleitverbindungen sind bisher nicht zur Anwendung gelangt, doch ist die Einführung derselben in die theoretischen Betrachtungen von Werth, wie sich weiter zeigen wird.

Bei den folgenden Untersuchungen setzen wir ebene Träger voraus, bei denen die Mittellinien der einzelnen Glieder sich zugleich mit den äusseren Kräften in einer Ebene, zusammenfallend mit der Stützebene, befinden und haben bereits die unter a) und b) genannten Verbindungen auf solche Träger beschränkt, doch können diese Betrachtungen leicht auf räumliche Träger erweitert werden.

§. 2. Die Ueberführung der Starrheit in einfache Beweglichkeit. Jede hinreichend oder genügend starre Trägerart kann in eine einfach, d. h. zwangsläufig bewegliche Verbindung übergeführt werden, bei welcher die Punkte jedes Gliedes in Bezug auf ein beliebig festgehaltenes anderes Glied ganz bestimmte Bahnen beschreiben, also die Bewegungen der einzelnen Glieder gegenseitig vollkommen abhängig sind, indem man die Starrheit an einer Stelle löst. Diese Lösung der Starrheit kann erfolgen:

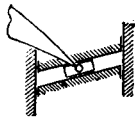
a) an einer vollständig starren Stelle im Inneren eines Trägers oder bei einer starren Auflagerung durch Einfügung einer Drehverbindung oder einer Gleitverbindung; bei einem Stabwerk gelangt man zu dem gleichen Ziele durch Wegnahme eines für die Starrheit nothwendigen Stabes;

b) an der Verbindungsstelle zweier bereits beweglich miteinander verbundener Glieder durch Hinzufügen

fügung einer weiteren beweglichen Verbindung von anderem als dem bereits vorhandenen Bewegungssinn.

Diese letztere Art der Lösung der Starrheit soll meist nur bei beweglichen Auflagerungen angewandt werden, indem man ein bereits für sich einfach bewegliches festes Gelenklager (Fig. 2a) durch weitere Einfügung einer Gleitverbindung in ein zweifach bewegliches, gleitendes Gelenklager überführt (Fig. 2b), oder ein gegebenes gleitendes Gelenklager durch weitere Einfügung einer anderen Gleitverbindung in ein für sich dreifach bewegliches, zweifach gleitendes Gelenklager überführt (Fig. 3).

Fig. 3.



§. 3. Die statischen Ursachen, bezw. Wirkungen. Im Nachfolgenden betrachten wir verschiedene Kräfteanordnungen, deren zugehörige Wirkungen und die, bei einer sehr klein vorausgesetzten Verschiebung im Sinne der Kräfteanordnungen, zugehörigen Verschiebungsarbeiten. Diese Kräfteanordnungen mögen, wenn sie äussere, entweder wirklich gegebene oder nur gedachte Ursachen sind, kurz als statische Ursachen, und wenn sie von diesen erzeugte innere Wirkungen an einer beliebigen Trägerstelle oder äussere Wirkungen der Träger auf die Auflagerstellen sind, kurz als statische Wirkungen bezeichnet werden. Die Angriffspunkte der Kräfte vor der Verschiebung seien A , bezw. B , nach derselben A' , bezw. auch B' .

Statische Ursachen, bezw. Wirkungen:

a) Eine Einzelkraft P (Fig. 4a); zugehörige Wirkung: eine Verschiebung p des Angriffspunktes A in Richtung der Kraft; Verschiebungsarbeit $= Pp$.

b) Ein ziehendes oder drückendes Kräftepaar (PF) (Fig. 4b); Wirkung: eine Änderung p der Entfernung der Angriffspunkte AB ; Verschiebungsarbeit $= Pp$; (ändert sich bei der Verschiebung auch die Krafrichtung ein wenig, so wird die Arbeit dadurch doch nicht geändert, da bei der Drehung eines derartigen Kräftepaares keine Arbeit geleistet wird).

c) Ein drehendes Kräftepaar $M = P_a \cdot l$ (ein Moment, rechtsdrehend positiv) (Fig. 4c); Wirkung: eine Verdrehung p_a (Winkelmaass) der Angriffsfläche (AB); das Moment wird hierbei mit „Biegemoment“ oder „Drehungs- (Torsions-) Moment“ bezeichnet, je nachdem die Ebene des Kräftepaares auf der Angriffsfläche senkrecht steht oder ihr parallel ist. Im ersten Falle ist p_a der Drehungswinkel, gebildet von den beiden Lagen der Angriffsfläche vor und nach der Verschiebung (Formänderung), im anderen Falle der Drehungswinkel in der Fläche selbst; Verschiebungsarbeit $= P_a p_a = M p_a$ (denn p_a ist gleichzeitig die gegenseitige Verschiebung der Angriffspunkte in der Krafrichtung). Drehen sich während der Verschiebung die Kräfte, so dass sie am Ende derselben auch senkrecht auf $A'B'$ stehen, so bleibt die Verschiebungsarbeit dadurch doch ungeändert, da bei einer Drehung der Kräfte um A' , bezw. B' keine Arbeit geleistet wird.

Fig. 4a.

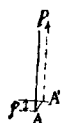
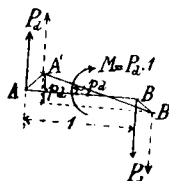


Fig. 4b.



Fig. 4c.



d) Ein verschiebendes Kräftepaar ($P_v P_v$) (Fig. 4d); Wirkung: eine gegenseitige Verschiebung p_v der durch die Kräfte gehenden parallelen Angriffsflächen; Verschiebungsarbeit $= P_v p_v$.

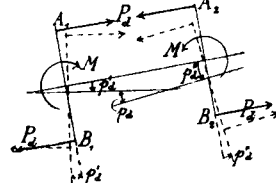
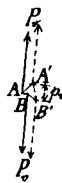
Ein drehendes Kräftepaar geht in ein verschiebendes über, wenn der Hebelsarm verschwindend klein wird.

e) Ein Momentenpaar (MM) (Fig. 4e), d. h. zwei, an zwei verschiedenen Flächen (Querschnitten eines Trägers)

angreifende gleiche, aber entgegengesetzt wirkende, drehende Kräftepaare $M = P_a l$; Wirkung: eine gegenseitige Verdrehung p_a der beiden Angriffsflächen im Sinne der angreifenden Kräftepaare; drehen sich die beiden

Fig. 4d.

Fig. 4e.



Kräftepaare je in ihrem Sinne um die Winkel p'_a , bezw. p''_a , so ist die Verschiebungsarbeit $= P_a p'_a + P_a p''_a = P_a (p'_a + p''_a) = P_a p_a = M p_a$.

Eine Verschiebungsarbeit ist positiv oder negativ, je nachdem die Verschiebung im Sinne der Kräfteanordnungen oder hiezu entgegengesetzt ist. Bezeichnet man die obigen Kräfteanordnungen, wenn sie statische Ursachen sind, allgemein mit U und die zugehörigen Verschiebungen oder Verdrehungen mit u , und wenn sie statische Wirkungen sind mit W und die zugehörigen Formänderungen mit w , so lässt sich die Verschiebungsarbeit (für statische Wirkungen W , welche entsprechende Formänderungen w mit sich bringen oder beabsichtigen, auch Formänderungsarbeit genannt,) allgemein schreiben mit Uu , bezw. Ww .

Jede statische Ursache, bezw. Wirkung bei einem Träger ist bestrebt, an der betreffenden Stelle eine der beabsichtigten Verschiebung entsprechende Formänderung hervorzubringen. Ist die statische Ursache z. B. ein drehendes Kräftepaar, so ist dieselbe bestrebt, an der Stelle, wo sie unmittelbar wirkt, eine Verdrehung und an anderen Stellen andere Formänderungen hervorzubringen, welche den dort erzeugten statischen Wirkungen entsprechen.

§. 4. Die Grundaufgabe der Statik. Die Grundaufgabe der Statik starrer Gebilde (Systeme), hier also im Besonderen der Träger, ist folgende:

Auf einen starren, beliebig gestützten Träger wirken beliebige statische Ursachen U ; es ist die statische Wirkung W in irgendeinem Sinne an einer beliebigen Stelle A des Trägers zu ermitteln (Fig. 5, 6, 7 und die spätere Fig. 13).

Nimmt man an, der Träger ist unter dem Einfluss der gegebenen äusseren Ursachen und der hievon abhängigen Auflagerwiderstände, d. h. der entgegengesetzt gerichteten äusseren statischen Wirkungen im Gleichgewicht, so ändert man nichts an diesem Gleichgewichtszustande, wenn man die Starrheit bei A im Sinne der gesuchten Wirkung W löst, d. h. wenn man den Träger an der Stelle A im Sinne der durch die gesuchte statische Wirkung W beabsichtigten Formänderung durch Einfügung einer Dreh- oder Gleitverbindung beweglich macht, aber dafür zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete, je an

einem beweglichen Gliede der neuen Verbindung angreifende statische Wirkungen W von entgegengesetztem Sinne, also statische Widerstände ($-W$) anbringt, welche die von der gesuchten statischen Wirkung dort beabsichtigte Formänderung gerade verhindern, also derselben entgegenwirken (vergl. Fig. 5a, 6a, 7a). Der Widerstand ist also die in Folge der Starrheit auftretende statische Gegenwirkung. Je eine dieser, je an einem beweglichen Gliede der eingefügten Verbindung angreifenden, angenommenen Widerstände W stellt demnach den Widerstand des zum anderen Gliede gehörigen Trägertheiles gegen die statische Wirkung der Kräfte des zum ersten Gliede gehörigen Trägertheiles dar. Die statischen Widerstände bilden zusammen ein Kräftepaar, bzw. ein Momentenpaar.

Ist W eine Einzelkraft, also entweder eine unbekannte äussere Kraft (Auflagerdruck) oder eine im Allgemeinen beliebig gerichtete innere Kraft (Quer-, Schub- oder Transversalkraft, Längs- oder Normalkraft, Stabspannung), so bringe man an der betreffenden Stelle eine Gleitverbindung in Richtung der gesuchten Kraft W an (Fig. 5a); bei Auflagerdrücken wird der eine starre Theil der hinzugefügten Verbindung durch die feste Stützebene ersetzt (Fig. 6a); bei Stabspannungen kann man, wie schon bemerkt, den betreffenden Stab ausschalten.

Ist W ein drehendes Kräftepaar, d. h. ein Moment, also entweder ein Biegungs- oder Drehungsmoment, so bringe man an der Stelle eine Drehverbindung an, deren Achse senkrecht zur Drehungsebene des gesuchten Kräftepaares steht (Fig. 7a).*)

Die oben gestellte Aufgabe ist mit Hilfe der Statik nur dann lösbar, d. h. die unbekannte statische Wirkung W lässt sich nur dann eindeutig ermitteln, oder der Träger ist in Bezug auf W statisch bestimmt, sobald derselbe durch die angegebene Lösung der Starrheit in eine einfach bewegliche oder zwangsläufige Verbindung übergeht. Denn nimmt man in diesem Falle nach Einführung der beweglichen Verbindung eine von der statischen Wirkung $+W$ beabsichtigte (äusserst kleine) Formänderung $+w$ (Verschiebung oder Verdrehung) willkürlich an, so lassen sich die zu den gegebenen statischen Ursachen U gehörigen Verschiebungen u lediglich aus dem geometrischen oder kinematischen Zusammenhange

*) Bei der vorausgesetzten Beschränkung der Betrachtungen auf ebene Träger mit in dieser Ebene befindlichen äusseren Kräften kommen Drehungsmomente nicht vor; sie sind jedoch der Allgemeinheit wegen mit behandelt worden. Die angestellten Betrachtungen lassen sich überhaupt leicht für räumliche Träger erweitern.

ermitteln, da die Bewegungen gegenseitig vollständig abhängig sind. Die Anwendung des Satzes der virtuellen Geschwindigkeiten oder Verrückungen) auf diesen Kräfte- und Bewegungszustand (vergl. die Figuren 5a–7a und Fig. 13) ergibt

$$-Ww + \sum Uu = 0 \quad \text{oder}$$

$$W = \frac{1}{w} \sum Uu \quad \dots \dots \dots (1)$$

wonach die einzige Unbekannte W eindeutig ermittelt ist.

Diese Betrachtungen gelten nicht nur für „Träger“, sondern allgemein für jedes gerade genügend starre Gebilde, welches unter dem Einflusse äusserer Kräfte im Gleichgewicht ist.

Die ganze Statik starrer Gebilde, im Besonderen die Theorie statisch bestimmter Träger ist hienach auf die Ermittlung des Zusammenhanges zwischen den Verschiebungen w und u zurückgeführt, eine Aufgabe, welche durch die geometrische Bewegungslehre oder Kinematik in allgemeiner Weise gelöst wird.

§. 5. Die allgemeinen Einflusslinien. Bezieht sich

der untere Zeiger einer Grösse auf die Lage derselben, so ergibt sich für den Fall einer einzigen statischen Ursache U_x bei einem Punkte X die statische Wirkung W_a bei einem anderen Punkte A (Fig. 8) aus der Beziehung

$$W_a w_a = U_x u_x \quad \text{zu}$$

$$W_a = U_x \frac{u_x}{w_a} \quad \dots \dots \dots (2)$$

Nimmt man jetzt die willkürlich annehmbare Formänderung $w_a = U_x$, gleich der zeichnerischen Darstellung der statischen Ursache U_x ,

so entsteht $W_a = u_x$, d. h.

I. Eine bei X angreifende statische Ursache U_x erzeugt eine statische Wirkung W_a bei einem

Punkte A , welche dargestellt wird durch die zu U_x gehörige Verschiebung (oder Verdrehung) u_x , letztere entstanden gedacht durch eine angenommene zu W_a gehörige (kinematische) Formänderung $w_a = U_x$, gleich der zeichnerischen Darstellung von U_x .

Die statischen Wirkungen der Trägertheile gegeneinander.

Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Die statischen Widerstände ($-W$) und die kinematischen Formänderungen ($+w$).

Fig. 5a.

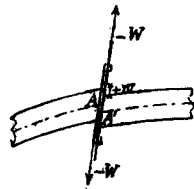


Fig. 6a.



Fig. 7a.

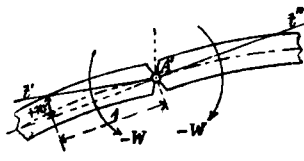


Fig. 8.

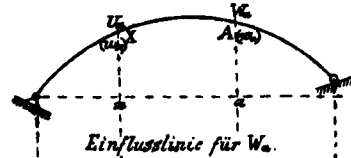
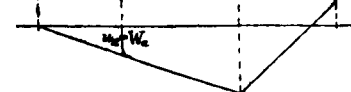


Fig. 8a.



Trägt man die durch die statische Ursache U_x erzeugte statische Wirkung W_a von einer Geraden aus, Nulllinie genannt, bei der Stelle x (Abscisse) als Ordinate auf und lässt x alle Werthe annehmen, während a unveränderlich bleibt, so erhält man die Einflusslinie der durch die wandernde statische Ursache U_x erzeugten statischen Wirkung W_a (Fig. 8a).

Aus dem obigen Satze I folgt demnach unmittelbar der allgemeine Satz:

II. Die Einflusslinie einer statischen Wirkung W_a bei einer bestimmten Stelle A eines statisch bestimmten Trägers, erzeugt durch eine wandernde statische Ursache U_x (mit stetig veränderlichem Angriffspunkt) entsteht, wenn man bei A eine zu W_a gehörige kinematische Formänderung (Verschiebung oder Verdrehung) $w_a = U_x$ annimmt und die hiedurch entstehenden, zur Ursache U_x gehörigen Verschiebungen u_x unter den veränderlichen Angriffspunkten (x) als Ordinaten einer geraden Linie aufträgt.

Ist im Besonderen die statische Ursache U_x eine Einzelkraft gleich 1, so ergibt sich aus dem allgemeinen Satz I unmittelbar die nachfolgende Beziehung (Fig. 9):

Dreht sich eine Kraft $= 1$ um ihren Angriffspunkt X um 360° und trägt man von X aus in der Kraft-richtung die zugehörige statische Wirkung W_a bei A (in dem weiterfolgend angegebenen Maassstabe) als Länge auf, so liegen die gefundenen Endpunkte auf einem Kreise, dessen Durchmesser nach Grösse und Richtung gleich der wirklichen Verschiebung $\overline{XX'}$ des Angriffspunktes X ist, wenn die (gedachte) kinematische Formänderung des Trägers bei A eine Grösse $w_a = 1$ erhält und diese Grösse gleichzeitig Maasseinheit für die Einzelkraft und für W_a ist; denn die zur Kraft gehörige Verschiebung wird dargestellt durch die Projektion der wirklichen Verschiebung $\overline{XX'}$ auf die Kraft-richtung. (Da für räumliche, statisch bestimmte Träger die angestellten Betrachtungen ganz ähnlich sind, so geht der Kreis, wenn sich die Einzelkraft um ihren Angriffspunkt im Raume dreht, in eine Kugeloberfläche über.)

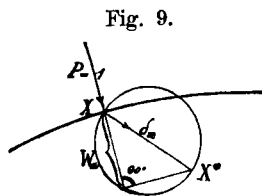


Fig. 9.

Der eben entwickelte Satz gilt nicht blos für statisch bestimmte Träger, sondern ganz ähnlich allgemein auch für statisch unbestimmte Träger, was man leicht nach der vorher erwähnten Abhandlung im „Wochenblatt für Baukunde“, 1887, pag. 24, Satz III ersehen kann. Daraus erkennt man weiter, dass die allgemeinste Aufgabe, die statische Wirkung W_a an einer bestimmten Stelle A eines beliebigen Trägers für beliebig gegebene Kräfte (mit verschiedenen Richtungen) zu ermitteln, mit der Lösung der anderen Aufgabe zusammenfällt:

Die wirklichen Verschiebungen der Kraftangriffspunkte nach Grösse und Richtung zu finden, wenn man die, der statischen Wirkung W_a bei A entsprechende Starrheitsbedingung aufhebt, d. h. die Starrheit im Sinne der von W_a beabsichtigten Formänderung bei A löst und dann dort eine gedachte statische Ursache W_a anbringt,

welche eine zugehörige Formänderung w_a bei A von der Grösse $= 1$ beabsichtigt.

Die weitere Ausführung dieses Gedankens, welcher zu einer Kinematik elastischer Gebilde (Systeme) führt, wird der Verfasser später zeigen.

§. 6. Einflusslinien für eine wandernde Einzelast $P=1$. In Wirklichkeit sind die äusseren Ursachen bei Trägern meist senkrecht nach abwärts wirkende Lasten, welchen demnach senkrechte (nach abwärts positive) Verschiebungen ihrer Angriffspunkte zugehören. Nennt man die Zusammenfassung aller Punkte, welche entstehen, wenn man die senkrechten Verschiebungen oder Durchbiegungen der Lastangriffspunkte von einer Geraden aus, ihrer Grösse und Richtung nach, als Ordinaten aufträgt „Biegungslinie“, so nimmt für diesen besonderen Fall obiger allgemeine Satz II folgende, immer noch sehr allgemeine Form an:

III. Die Einflusslinie irgend einer statischen Wirkung W_a bei einer bestimmten Stelle A eines statisch bestimmten Trägers für eine über denselben wandernde Einzellast $P=1$ ist gleich der Biegungslinie des Trägers, welche entsteht, wenn man bei A eine der gesuchten statischen Wirkung W_a entsprechende Formänderung $w_a = 1$ (gleich der zeichnerischen Darstellung der wandernden Einzellast $P=1$) annimmt; Durchbiegungen nach abwärts sind positiv, nach aufwärts sind negativ.*)

Aus der rein analytischen Begriffsbestimmung der Einflusslinien hat sich demnach eine gewisse geometrisch-kinematische Deutung derselben ergeben.

Aus dem allgemeinen Satze III folgen unmittelbar die nachstehenden besonderen Sätze für die einzelnen statischen Wirkungen bei statisch bestimmten Trägern:

1. Die Einflusslinie eines Auflagerdruckes A ist gleich der Biegungslinie, welche entsteht, wenn die in Richtung des Auflagerdruckes beabsichtigte Verschiebung des Auflagers eine Grösse gleich der zeichnerischen Darstellung der wandernden Einzellast $P=1$ annimmt (vergl. Fig. 6a).

2. Die Einflusslinie des Biegemomentes um einen beliebigen Punkt A ist gleich der Biegungslinie, welche entsteht, wenn die um den Punkt A beabsichtigte Verdrehung (ermöglicht durch Hinzufügung eines Gelenkes) eine Grösse $P=1$ annimmt; die Verdrehung wird hierbei gemessen durch die Verschiebung in der Entfernung 1 vom Drehpunkte vergl. (Fig. 7a).

3. Die Einflusslinie der Schubkraft (Querkraft, Transversalkraft) in einer beliebigen Richtung an einer Stelle A ist gleich der Biegungslinie, welche entsteht, wenn die bei A beabsichtigte Verschiebung der benachbarten Querschnitte (ermöglicht durch Anbringung einer Gleitverbindung) eine Grösse $P=1$ annimmt, vergl. Fig. 5a. Sucht man im Besonderen die Schubkraft in Richtung der Längsachse des Trägers, Längskraft (Normalkraft) genannt, so ergibt sich:

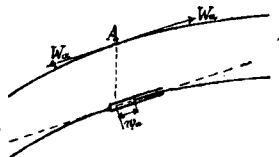
*) Dieser Satz, welcher in ähnlicher Weise auch für statisch unbestimmte Träger gilt, wurde allgemein bereits im Jahre 1882 in einer der Technischen Hochschule zu Dresden übergebenen Arbeit des Verfassers nachgewiesen.

4. Die Einflusslinie der Längskraft an einer beliebigen Stelle A ist gleich der Biegelinie, welche entsteht, wenn die bei A beabsichtigte Verschiebung in Richtung der Trägerachse eine Grösse $P=1$ annimmt (Fig. 10 und 10 a).

5. Die Einflusslinie einer Stabspannung eines statisch bestimmten Stabwerkes (Fachwerkes) für eine über eine Gurtung wandernde Einzellast $P=1$ ist gleich der Biegelinie dieser Gurtung, welche entsteht, wenn sich der Stab um eine Grösse $P=1$ verlängert oder, was dasselbe ist, wenn nach Ausschaltung des betreffenden Stabes sich die Entfernung der zugehörigen Knotenpunkte um eine Grösse $P=1$ vergrössert.

Fig. 10.

Fig. 10 a.



Man erkennt aus der Form der Gleichung 2, dass es nicht darauf ankommt, den durch $w_a = 1$ bestimmten Maassstab für die statische Wirkung W_a vor Ermittlung der Biegelinie festzusetzen und unter dieser Bedingung die Biegelinie zu ermitteln. Zeichnet man nämlich nicht für eine angenommene Formänderung $w_a = 1$, sondern für $w_a = k \cdot 1$ die zugehörige Biegelinie des Trägers, so wachsen die Durchbiegungen u_x in Folge des einfachen geometrischen Zusammenhanges der einzelnen Trägertheile in demselben Maasse, werden also anstatt u_x jetzt $k \cdot u_x$, d. h. alle für verschieden angenommene kinematische Formänderungen w_a gezeichneten Biegelinien sind untereinander affin.

Man kann deshalb eine ganz beliebige dieser Biegelinien zeichnen und die Grösse der sich nachträglich dabei ergebenden Formänderung w_a bei A als Maasseinheit der gesuchten statischen Wirkung W_a betrachten, was bei der Ermittlung dieser Biegelinien häufig Vortheile gewährt; dieses Verfahren beruht also auf unmittelbarer Anwendung der Gleichung 1.

B. Kinematische Theorie der statisch bestimmten Fachwerke.

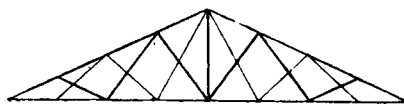
(Zugleich ein Beitrag zur Kinematik einfach beweglicher Gebilde.)

§. 7. Vorbemerkung. Nachstehende allgemeine Theorie statisch bestimmter Fachwerkträger ist die erste, welche ohne Voraussetzung einer bestimmten Trägerform oder Gruppierung der einzelnen Stäbe eine allgemeine Ermittlung der Stabspannungen ermöglicht. Alle bisherigen rechnerischen oder zeichnerischen Theorien setzen fast stets eine derartige Gestaltung der Träger voraus, bei welcher durch einen Stab, dessen Spannung gesucht wird, ein Schnitt so gelegt werden kann, dass nur noch zwei andere Stäbe mitgeschnitten werden, oder dass, andernfalls mehr Stäbe geschnitten werden, die anderen Stabspannungen vorher bereits ermittelt seien. Von dieser Voraussetzung sehen wir ab und geben im Nachstehenden verschiedene Verfahren an, welche sich auf zum grossen Theil noch nicht bekannte kinematische Beziehungen einfach beweglicher Gebilde stützen und es ermöglichen auch bei anders gestalteten, statisch bestimmten Fachwerken, mit sich

schneidenden (steifen) Zwischenstäben *) die Spannung eines Stabes ohne Kenntniss anderer Stabspannungen unmittelbar und genau zu ermitteln. In dem letzteren Falle geschah die Berechnung bisher meist in der Art, dass man das gegebene Fachwerk in zwei oder mehr statisch bestimmte Theilfachwerke zerlegte, die einzelnen Spannungen für jedes solche Fachwerk ermittelte, dann die einzelnen Fachwerke wieder zusammenlegte und die Spannungen zusammenfallender (bezw. nahe zusammenfallender) Stäbe mit Berücksichtigung des Vorzeichens zusammenzählte.

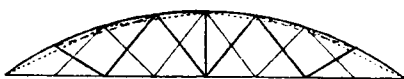
Dieses Verfahren ist nur dann genau, wenn sich die einzelnen Theilfachwerke vollkommen decken, wie z. B. bei dem Dachbinder nach Art von Fig. 11, bei welchem

Fig. 11.



die zu einem Theilfachwerk gehörigen Zwischenstäbe (Diagonalen) stark und die zu dem anderen Theilfachwerk gehörigen schwach gezeichnet sind. Sind die Trägergurte jedoch gekrümmt, wie in Fig. 12, dann decken sich (unter Beibehaltung der Knotenpunkte) die einzelnen, zu beiden Theilfachwerken

Fig. 12.



gehörigen (gedachten) in der Figur gestrichelt und punktirt gezeichneten Gurtstäbe nicht mehr, und die nach dem erwähnten Verfahren ermittelten Stabspannungen sind mehr oder weniger ungenau, weshalb man dann mitunter noch gewisse, theoretisch jedoch gar nicht begründete Verbesserungen anbringt, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden möge. Welchen bedeutenden Fehler man bei diesem Annäherungsverfahren begehen kann, wird gerade an dem Beispiele (Fig. 12) am Ende der Abhandlung gezeigt.

Da die statisch bestimmten Stabwerke den allgemeinsten Fall der statisch bestimmten Träger, als einer geometrisch bestimmten Verbindung einzelner starrer Glieder darstellen, schicken wir die allgemeine kinematische Behandlung solcher Stabwerke voraus. Die spätere kinematische Behandlung der wesentlich einfacher gebildeten anderen statisch bestimmten Träger wird dann einfach auf die Behandlung der Stabwerke zurückgeführt. Aus diesem Grunde erklären sich die nachfolgenden eingehenden kinematischen Betrachtungen statisch bestimmter Stabwerke. Zuvor schicken wir folgende Erklärung voraus:

Ein Stabwerk (Fachwerk) ist geometrisch bestimmt, wenn es durch die gegebene Länge eines Stabes und die gegebenen Richtungen der anderen Stäbe eindeutig geometrisch bestimmt ist, d. h. wenn sich zu demselben nur ähnliche Stabwerke mit parallelen Seiten und entsprechend gleichartigen Knotenpunkten zeichnen lassen; ein solches Stabwerk ist auch stets vollkommen und hinreichend starr (jeder Stab ist für die Starrheit nothwendig) und

*) Vergl. die Abbildungen (3) und (13) auf pag. 365 und 366 des „Centralblattes der Bauverwaltung“ 1887, sowie die Fig. 11 und 12 dieser Abhandlung.

gleichzeitig statisch bestimmt. (Vergl. „Centralblatt der Bauverwaltung“, 1887, pag. 367.)

§. 8. Ableitung der Grundgleichung und allgemeinen Verfahren. Obgleich es nach den vorangegangenen Betrachtungen überflüssig erscheinen könnte, das allgemeine kinematische Verfahren zur Ermittlung einer Stabspannung nochmals zu begründen, da dasselbe unmittelbar aus den allgemeinen Sätzen 1 und 5 in Abschnitt A folgt, möge dieses Verfahren für den vorliegenden besonderen Fall zur grösseren Klarheit doch nachstehend nochmals kurz besonders nachgewiesen werden.

Auf einen Punkt X eines geometrisch bestimmten Fachwerkes (Fig. 13) wirke die Kraft $P_x = 1$ (der Zeiger x bezeichne die Lage der Kraft P). Man zerschneide den Stab $AB = l$, dessen Spannung S gesucht wird und bringe an den Schnittstellen die Spannungen S als äussere Kräfte an. Vergrössert man nun von diesem Gleichgewichtszustande aus die Länge \overline{AB} um Δl und ist die dadurch entstehende Verschiebung des Kraftangriffspunktes X in Richtung von P_x gleich δ_x (wobei Δl und δ_x im Verhältniss zu den Abmessungen des Trägers äusserst kleine Grössen sein mögen), so ist nach dem Grundgesetze der Statik, dem Satze von den gedachten möglichen (virtuellen) Verschiebungen:*)

$$-S\Delta l + P_x \delta_x = 0 \text{ oder}$$

$$S\Delta l = P_x \delta_x.$$

Wirken mehrere Kräfte, so ist

$$S \cdot \Delta l = \sum P_x \delta_x, \text{ also: } S = \frac{1}{\Delta l} \cdot \sum P_x \delta_x. \quad (3)$$

Für $\Delta l = 1$ und eine Einzelkraft $P_x = 1$ ergibt sich unmittelbar die äusserst einfache Beziehung:

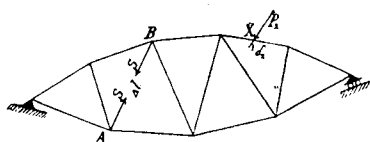
$$S = \frac{\delta_x}{1} = \delta_x, \quad (4)$$

d. h. die Stabspannung wird dargestellt durch die Verschiebung des Kraftangriffspunktes in Richtung der Kraft, diese Verschiebung δ_x gemessen mit der Längenänderung Δl als zeichnerische Darstellung der Krafteinheit $P = 1$. Daraus folgt sofort weiter für eine wandernde und hiebei einer Richtung R immer parallel bleibende Einzelkraft $P = 1$ der mit dem im Abschnitt A angeführten Satze 5 übereinstimmende Satz:

Die Einflusslinie der Spannung S eines Stabes $AB = l$ für eine über eine Gurtung wandernde und hiebei einer Richtung R parallel bleibende Einzellast $P = 1$ ist gleich der Biegelinie dieser Gurtung in der Richtung R , welche entsteht, wenn sich die Länge l des betreffenden Stabes AB um $\Delta l = 1$ vergrössert.

*) Dieses Gesetz, zuerst von Mohr durch die grundlegende Arbeit: „Beitrag zur Theorie des Fachwerks“ (Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Vereines zu Hannover, 1874, pag. 512) in die Theorie der Fachwerke eingeführt, wird dort benutzt, um die kinematischen Beziehungen zwischen Δl und den Verschiebungen δ der Knotenpunkte zu ermitteln, wenn die Stabspannung S vorher durch statische Gesetze gefunden ist. In vorliegender Abhandlung wird dasselbe Gesetz in umgekehrter und wesentlich allgemeinerer Weise benutzt, um durch Vermittlung kinematischer Sätze statische Beziehungen abzuleiten.

Fig. 13.

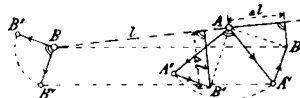


Unter „Biegelinie in der Richtung R “ wird hiebei die Zusammenfassung aller derjenigen Punkte verstanden, welche entstehen, wenn man von einer Geraden aus die Verschiebungen δ_x aller Gurtungspunkte in Richtung von R als Ordinaten aufträgt. Aus der durch Gleichung 3, bezw. 4 ausgedrückten einfachen Beziehung folgt demnach nachstehendes:

Allgemeines Verfahren: Man beseitige den Stab AB , dessen Spannung S gesucht wird; geht das Fachwerk hiedurch in eine einfach, d. h. zwangsläufig bewegliche Stabverbindung über (wobei die gegenseitigen Verschiebungen der Knotenpunkte voneinander vollständig abhängig sind), so ermittle man für irgend einen Bewegungszustand die wirklichen Verschiebungen der Knotenpunkte nach Grösse und Richtung. Greifen dann in den Knotenpunkten oder an den übrigen Stäben (ausser AB) verschiedene, zusammen in Gleichgewicht befindliche Kräfte P an, so ergibt sich nach Gleichung 3 die gesuchte Stabspannung zu $S = \frac{1}{\Delta l} \sum P_x \delta_x$, wobei δ_x die Projektion einer wirklichen Verschiebung auf die dort angreifende Kraft P_x und Δl , die durch die Bewegung hervorgebrachte Vergrösserung der Entfernung AB bedeutet. Bleibt das Fachwerk nach Wegnahme des Stabes AB noch starr, d. h. unverschieblich, so ist dasselbe in Bezug auf diesen Stab statisch unbestimmt, denn die Stabspannung lässt sich in der angegebenen Weise nicht ermitteln. Wie die Verschiebungen gefunden werden, wird weiter unten gezeigt.

§. 9. Ermittlung der Längenänderung Δl (Fig. 14). Die Endpunkte AB des betrachteten Stabes mögen nach der Verschiebung nach A' und B' gekommen sein. Unter der Voraussetzung, dass diese Verschiebungen $\overline{AA'}$ und $\overline{BB'}$ gegenüber der Entfernung \overline{AB} äusserst klein sind (was bei

Fig. 14.



den wirklichen Formänderungen zutrifft) wird die Richtung $A'B'$ nach der Verschiebung von der ursprünglichen Richtung AB nur äusserst wenig abweichen und man erkennt leicht die Richtigkeit des folgenden Verfahrens: Man gebe beiden verschobenen Knotenpunkten A' und B' gleichzeitig eine negative Verschiebung, z. B. $-\overline{BB'} = \overline{B'B} = \overline{A'B'}$ (von gleicher Grösse, aber entgegengesetzter Richtung wie $\overline{BB'}$), dann ist Δl gleich der Projektion der Schlusslinie $\overline{A'B'}$ der Verschiebungen auf die Stabrichtung $AB = l$ der Grösse und dem Sinne nach, d. h. eine $\left\{ \begin{array}{l} \text{Verlängerung (positiv)} \\ \text{Verkürzung (negativ)} \end{array} \right\}$ wenn $\Delta l \left\{ \begin{array}{l} \text{auf die Verlängerung von } AB \\ \text{auf } AB \text{ selbst} \end{array} \right\}$ fällt, denn Δl ist gleich der Summe der Projektionen der beiden Verschiebungen $\overline{AA'}$ und $\overline{BB'}$.

Sind die Verschiebungen nicht in wirklicher Richtung, sondern senkrecht dazu gegeben, genannt senkrechte Verschiebungen (und zwar von der Anfangslage nach der wirklichen Verschiebungsrichtung hin gesehen, nach der rechts liegenden Seite), welche im Allgemeinen bei Fachwerken bequemer als die wirklichen Verschiebungen zu ermitteln sind, so dass also $\overline{AA'} \perp \overline{AA'}$, $\overline{BB'} \perp \overline{BB'}$ (in den Figuren sei ein Doppelviertelkreis das Zeichen eines rechten

Winkels), so verfährt man ähnlich wie vorher, indem man $\overline{A^* B''} = -\overline{B B^*} \mp \overline{B^* B}$ (gleich und parallel) macht; dann ist Δl die Projektion der Schlusslinie $\overline{A B''}$ auf eine Richtung $\perp AB$, d. h. gleich dem senkrechten Abstand des Verschiebungsendpunktes B'' von der Stabrichtung $AB = l$ und $\begin{cases} \text{positiv} \\ \text{negativ} \end{cases}$ wenn bei einer Verlängerung von l sich der Punkt A (bei festgehaltenem B) um den Verschiebungsendpunkt B'' nach $\begin{cases} \text{rechts} \\ \text{links} \end{cases}$ dreht; andererseits entscheidet auch über das Vorzeichen das vorhin angeführte Kennzeichen, wenn man die Schlusslinie $\overline{A B''}$ um 90° nach links wieder zurückdreht, wodurch sie mit der zuerst angegebenen Schlusslinie der wirklichen Verschiebungen zusammenfällt.

Die allgemeine Aufgabe, die Stabspannung S eines Stabes AB für beliebige äussere Kräfte zu ermitteln, ist nach dem Vorhergehenden zurückgeführt auf die Ermittlung der Knotenpunktverschiebungen für einen gewissen angenommenen Bewegungszustand.

Zur Lösung dieser rein kinematischen Aufgabe dienen die nachfolgenden einfachen

Grundbeziehungen der geometrischen Bewegungslehre:*)

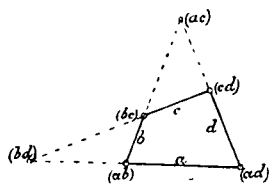
§. 10. Die Pole.

1. Hält man bei einer beliebig beweglichen Verbindung von starren Gliedern (bei Fachwerken sind die Glieder die Stäbe, bzw. starre Stabgruppen) ein Glied a fest, so dreht sich jedes andere Glied b während einer unendlich kleinen Bewegung um einen gewissen Punkt der mit dem fest gedachten Gliede a starr verbunden gedachten Ebene, den augenblicklichen Bewegungspol von b gegen a , kurz mit „Pol (ab) “ bezeichnet. Dieser Pol ist der Schnittpunkt der Senkrechten zu den augenblicklichen Bewegungsrichtungen zweier Punkte des beweglichen Gliedes, und kann während einer unendlich kleinen Bewegung sowohl mit a , als auch mit b starr verbunden gedacht werden. Die gegenseitige Bewegung des Gliedes b gegen das festgedachte Glied a ändert sich nicht, wenn man b als fest betrachtet und die Bewegung von a auf b bezieht; daraus folgt, dass der Pol $(ab) \equiv (ba)$ ist. Weiter ergibt sich aus der Betrachtung:

1 a) Der Pol zweier durch ein Gelenk miteinander unmittelbar verbundenen Glieder oder Stäbe ist der Gelenkpunkt selbst; und weiter der vielfach zur Polbestimmung benützte Satz:

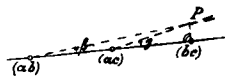
1 b) Der Pol zweier gegenüberliegenden Stäbe a und c eines Gelenkvierecks a, b, c, d (Fig. 15) ist der Schnittpunkt der beiden anderen Stabrichtungen b und d . Denn hält man z. B. Stab a fest, so bewegen sich die Endpunkte des Stabes c senkrecht zu b und senkrecht zu d , folglich ist der Schnittpunkt von b und d der Bewegungspol (ac) .

Fig. 15.



2. Betrachtet man drei beliebige gegenseitig in Bewegung befindliche Glieder a, b, c , so liegen die zugehörigen drei Bewegungspole $(ab), (ac), (bc)$ auf einer geraden Linie; (vergl. Fig. 16, bei welcher nicht die Glieder, sondern nur die Pole gezeichnet sind). Denn denkt man sich bei festgehaltenem Gliede a von der (mit a vorübergehend starr verbunden

Fig. 16.



gedachten) Verbindungslinie der zugehörigen Pole (ab) und (ac) aus, bei diesen Polen die zugehörigen äusserst kleinen Drehwinkel β von b gegen a und γ von c gegen a mit dem zugehörigen Drehungssinn aufgetragen, so schneiden sich die beiden anderen Schenkel dieser beiden Winkel in einem Punkte P , welcher demnach während der unendlich kleinen Bewegung sowohl zu dem Gliede b , als auch zum Gliede c gehörig aufgefasst werden kann, d. h. bei der Bewegung in Bezug auf b und c in Ruhe bleibt, also die für den Bewegungspol (bc) geltende Bedingung besitzt. Die Lage des Punktes P vor der Bewegung, welche sich auf der Verbindungsgeraden (ab) und (ac) befindet, ist demnach der Pol (bc) .*) Bilden verschiedene Stäbe eine starre Gruppe, so tritt dieselbe als Ganzes in die Beweglichkeit ein und bildet nur ein starres Glied, welches demgemäss auch nur mit einem Buchstaben bezeichnet wird.

Diese Sätze bieten ein wesentliches Hilfsmittel zur Erleichterung der Auffindung der Bewegungspole.

§. 11. Die Verschiebung einer starren Linie und eines starren Gebildes. a) Eine starre gerade Linie l , (Fig. 17) drehe sich um den augenblicklichen Pol \mathfrak{P} um einen sehr kleinen Winkel ω (in der Figur vergrössert dargestellt) und kommt dabei in eine verschobene Lage l' . Diese schneidet die Gerade l in einem Punkte F' , welcher dem Fusspunkte F der von \mathfrak{P} auf l gefällten Senkrechten in der verschobenen Lage entspricht. Ein zu l gehöriger Punkt A gelange durch die Verschiebung nach A' auf l' . Der von l und l' , sowie der von je zwei entsprechenden Polstrahlen, z. B. $\mathfrak{P}A$ und $\mathfrak{P}A'$, $\mathfrak{P}F$ und $\mathfrak{P}F'$ gebildete Winkel ist gleich dem Verdrehungswinkel ω . Die wirkliche Verschiebung eines Punktes steht senkrecht zum zugehörigen Polstrahl. Die verschobene Lage l' und demgemäss die Verschiebungen sämtlicher zu l gehörigen Punkte sind durch den Pol \mathfrak{P} und eine gegebene Verschiebung bestimmt. Denn durch eine gegebene Verschiebung, z. B. $\overline{AA'}$ ist der Winkel ω und dadurch in der Entfernung $\overline{\mathfrak{P}F'} = \overline{\mathfrak{P}F}$ auf $\mathfrak{P}A$ auch die Verschiebung $\overline{F'F''} = \overline{FF''}$ gegeben. (Anstatt F kann man auch einen beliebigen anderen Punkt nehmen.) Durch A' und F' ist l' bestimmt. Sind die Verschiebungsrichtungen zweier Punkte gegeben so ist der Durchschnittspunkt der zugehörigen Senkrechten der Bewegungspol, wie schon unter 1 gesagt.

b) Dreht man sämtliche verschobene Punkte, z. B. A', F' um die Anfangslagen, A, F um einen rechten Winkel in gleichem Sinne, z. B. rechts herum, dann liegen die so

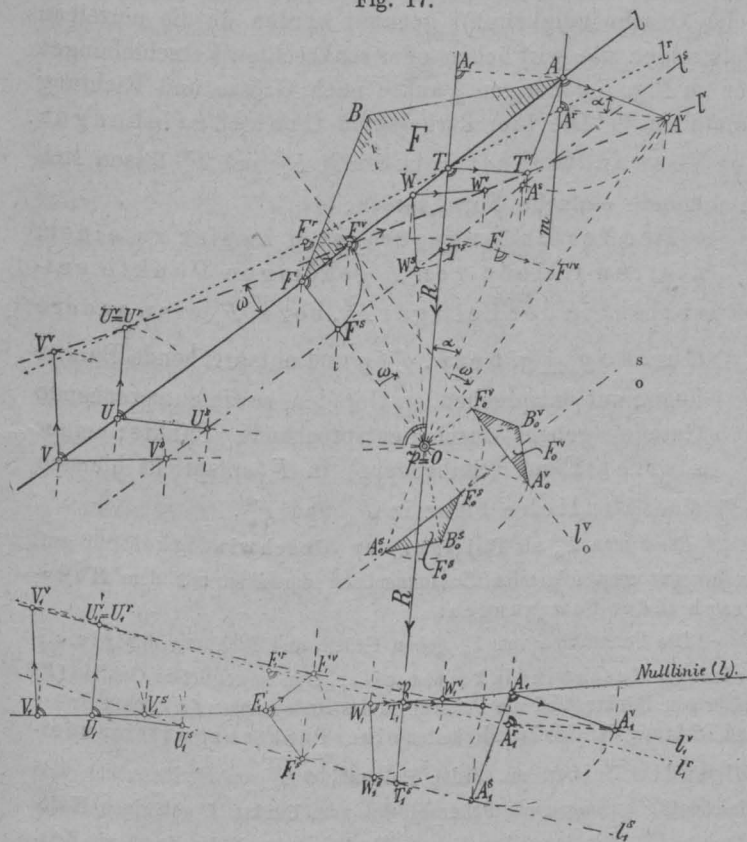
*) Man vergleiche auch das neue „Lehrbuch der Kinematik“ von Burmester, Leipzig 1887.

*) Es folgt diese Beziehung auch einfach daraus, dass alle ausserhalb der Geraden $(ab) - (ac)$ befindlichen und sowohl zu Glied b , als zu c gehörig gedachten Punkte bei der Bewegung verschiedene Bewegungsrichtungen haben, der gesuchte Pol also nicht in diesem Gebiete, demnach nur auf der genannten Geraden selbst liegen kann.

gefundenen, auf den Polstrahlen befindlichen Endpunkte der senkrechten Verschiebungen A^s, F^s auf einer im Abstände $\overline{FF^s} = \overline{FF^v}$ zu l gehenden Parallelen l^s . Denn aus den Beziehungen $\overline{AA^v} = \mathfrak{P} A \cdot \omega$, $\overline{FF^v} = \mathfrak{P} F \cdot \omega$ folgt:

$$\overline{AA^v} : \overline{FF^v} = \overline{AA^s} : \overline{FF^s} = \mathfrak{P} A : \mathfrak{P} F.$$

Fig. 17.



Einer $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rechtsdrehung} \\ \text{Linksdrehung} \end{array} \right\}$ von l um \mathfrak{P} entspricht eine Parallele l^s , welche mit \mathfrak{P} auf $\left\{ \begin{array}{l} \text{derselben} \\ \text{verschiedener} \end{array} \right\}$ Seite von l

liegt. Ebenso wie die Gerade l^v unter a), ist hier die Parallele l^s durch eine einzige senkrechte Verschiebung $\overline{AA^s}$ bestimmt. Kennt man die senkrechten Verschiebungen zweier zu l gehörigen Punkte AA^s, TT^s , so ist deren Schnittpunkt der zu l gehörige Pol. Die unter a) und b) angegebenen Verfahren zur Polbestimmung werden hinfällig, wenn die Verschiebungen der Punkte senkrecht zu l erfolgen, d. h. wenn der Pol von l auf l selbst liegt und also auch die Parallele l^s in die Stabrichtung selbst fällt; man erhält dann den Pol als Schnittpunkt von l mit der durch zwei Punkte bestimmten Geraden l^v ; denn die Verschiebung dieses Punktes ist gleich Null, durch welche Eigenschaft der Pol gekennzeichnet wird. Weiter ergibt sich der Satz:

Die Verschiebungen aller Punkte der Geraden l in Richtung von l sind einander gleich und zwar $= \overline{FF^v} = \overline{FF^s} = \mathfrak{P} F \cdot \omega$; denn z. B. die Verschiebung von A in Richtung l ist gleich der Projektion der wirklichen Verschiebung $\overline{AA^v}$ auf l oder gleich der Projektion der senkrechten Verschiebung $\overline{AA^s}$ auf eine Richtung $\perp l$, also gleich $\overline{FF^s} = \overline{FF^v} = \text{konst.}$ Dies folgt

auch aus dem Begriff der „Starrheit“ der Geraden l , da anderenfalls sich die Entfernung zweier Punkte derselben bei der Bewegung ändern würde.

Die in den Figuren stets in einem vielfach vergrößerten Maassstabe dargestellten, verschwindend klein vorausgesetzten Verschiebungen können auch als „Geschwindigkeiten“ aufgefasst werden, da letztere nichts weiter sind, als die vielfach vergrößert dargestellten (nämlich durch die zugehörige, für alle Punkte gleiche, äusserst kleine Zeit dt dividirten), äusserst kleinen Verschiebungen.

Alle nachstehend für „Verschiebungen“ aufgestellten Beziehungen gelten hienach auch unmittelbar für „Geschwindigkeiten“.

c) Trägt man von dem Pole $\mathfrak{P} = O$ aus die $\left\{ \begin{array}{l} \text{wirklichen} \\ \text{senkrechten} \end{array} \right\}$ Verschiebungen der einzelnen Punkte nach Grösse und Richtung auf, so liegen die gefundenen Verschiebungsendpunkte auf einer geraden Linie $\left\{ \begin{array}{l} l_o^v \perp l \\ l_o^s \parallel l \parallel l^s \end{array} \right\}$ in einer Entfernung $\overline{FF^v} = \overline{FF^s}$ von $\mathfrak{P} = O$.

Jeder mit l starr verbunden gedachten Figur F entspricht eine ähnliche Fig. F_o^v und eine ähnliche Fig. F_o^s , und diese beiden Figuren sind kongruent und gegeneinander um 90° um \mathfrak{P} gedreht (gerade so wie l_o^s gegen l_o^v um 90° um den Pol \mathfrak{P} gedreht ist); dies folgt daraus, dass entsprechende Polstrahlen zu F und F_o^v , bzw. F_o^s in gleichem Verhältniss stehen. Die beiden ähnlichen Fig. F und F_o^s sind gleichzeitig ähnlich liegend, und zwar ist \mathfrak{P} der selbstentsprechende Punkt oder Aehnlichkeitspol. Hienach ist die zu einer gegebenen starren Fig. F , z. B. dem Dreieck ABF , gehörige Fig. F_o^s durch die Länge eines einzigen Polstrahles, z. B. $\mathfrak{P} A_o^s$, gegeben; den zu B entsprechenden Punkt B_o^s findet man als Schnittpunkt des rückwärts verlängerten Polstrahles $\mathfrak{P} B$ mit der durch A_o^s zu AB gezogenen Parallelen. Ganz entsprechend findet man den zur Fig. F_o^v gehörigen Punkt B_o^v bei gegebenem Polstrahl $\mathfrak{P} A_o^v \perp \mathfrak{P} A$ als Schnittpunkt des zu $\mathfrak{P} B$ senkrechten Polstrahles $\mathfrak{P} B_o^v$ mit der durch A_o^v zu AB gezogenen Senkrechten.

Die Fig. F_o^v und F_o^s lassen sich durch Parallelverschiebung mit sich selbst von dem zur gegebenen Fig. F gehörigen Pol \mathfrak{P} trennen, wobei doch die angegebenen Beziehungen und die Bildungsweise der Figuren bestehen bleiben. Der mit diesen Figuren und zu denselben gehörige, verschobene Pol (\mathfrak{P}) werde dann mit O bezeichnet. Aus diesen Betrachtungen ergibt sich:

Die nach den Punkten der Fig. F_o^v oder F_o^s vom zugehörigen Pol O aus gezogenen Polstrahlen geben die Grösse und Richtung der wirklichen, bzw. senkrechten Verschiebungen der entsprechenden Punkte von F an.

§. 12. Die Verschiebung eines einfach beweglichen Stabwerkes; die Polfiguren der Verschiebungen.

Aus der Beziehung: $\overline{OA^s} = \overline{OA^v} = \overline{AA^v} = \mathfrak{P} A \cdot \omega$ folgt:

$$\frac{\overline{A_0^v B_0^v}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_0^s B_0^s}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA_0^s}}{\mathfrak{P} A} = \omega,$$

d. h. das Verhältniss einer zu einem starren Gliede gehörigen Seite der Fig. F_0^v oder F_0^s zu der entsprechenden Seite von F ist gleich dem zugehörigen Drehwinkel ω des Gliedes (jede Seite gemessen mit dem zugehörigen Einheitsmaassstabe).

Anwendung finden die unter b) und c) erwähnten Beziehungen auf folgende Grundaufgabe (Fig. 18):

Für zwei durch ein Gelenk C verbundene Stäbe $AC = a$ und $BC = b$ sind die (in Wirklichkeit äusserst klein angenommenen, aber vielfach vergrössert dargestellten) Verschiebungen $\overline{AA^v}$ und $\overline{BB^v}$ der Punkte A und B gegeben; es soll die hievon abhängige Verschiebung des Punktes C ermittelt werden.

Fig. 18.

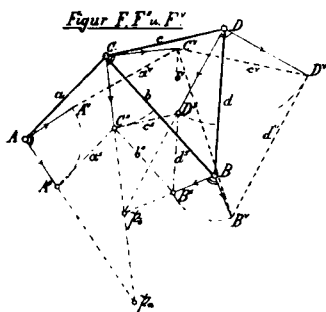
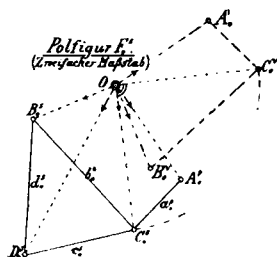


Fig. 18 a.



Man ziehe durch die Endpunkte A^s und B^s der gezeichneten senkrechten Verschiebungen Parallele a^s , b^s zu den Stäben a , bzw. b , welche sich in C^s schneiden; dann ist $\overline{CC^s}$ die senkrechte Verschiebung von C , denn C^s muss auf beiden Parallelen liegen. Der Schnittpunkt je zweier zu einem Stabe gehörigen senkrechten Verschiebungen liefert den zu diesem Stabe gehörigen Bewegungspol und für jeden mit C gelenkartig verbundenen Stab, z. B. c , muss der zugehörige Pol auf der Geraden CC^s liegen. (Vergl. auch Burmeister: Ueber die momentane Bewegung ebener kinematischer Ketten, „Civil-Ingenieur“ 1880, S. 250.)

Dieselbe Aufgabe möge mit Hilfe einer, von dem gegebenen Stabwerk F getrennten Fig. F_0^s mit dem angenommenen Pole O gelöst werden. Man zeichne die gegebenen senkrechten Verschiebungen $\overline{OA_0^s}$ und $\overline{OB_0^s}$ (in Fig. 18 a zweimal so gross wie in Fig. 18 gezeichnet), ziehe durch A_0^s eine Parallele zu a und durch B_0^s eine Parallele zu b , welche sich beide in C_0^s scheiden, dann ist $\overline{OC_0^s}$ die senkrechte Verschiebung von C . Ist ein Punkt D an C und B durch die beiden Stäbe c und d angeschlossen, so findet man weiter den zugehörigen Punkt D_0^s als Schnittpunkt der durch C_0^s und B_0^s gezogenen Parallelen zu c , bzw. d , so dass dann $\overline{OD_0^s}$ die senkrechte Verschiebung des Punktes D ist; die wirklichen Verschiebungen (z. B. $\overline{OC_0^v}$) erhält man durch Rückdrehung (links herum) der senkrechten Verschiebungen

($\overline{OC_0^s}$) um den Pol O um 90° , oder unmittelbar aus einer Fig. F_0^v , indem man durch die Endpunkte A_0^v , B_0^v der von O aus abgetragenen wirklichen Verschiebungen $\overline{OA_0^v}$, $\overline{OB_0^v}$ Senkrechte zu a , bzw. b zieht.

Die so erhaltene Fig. F_0^v , bzw. F_0^s möge „Polfigur der wirklichen, bzw. senkrechten Verschiebungen (oder Geschwindigkeiten)“ genannt werden, da die einzelnen Polstrahlen die wirklichen oder senkrechten Verschiebungen der zu Fig. F gehörigen Punkte nach Grösse und Richtung darstellen.*) Die hier dargelegten Grundbeziehungen der Verwandtschaft zwischen F , F_0^v und F_0^s lassen sich in folgende einfache Form fassen:

Der Verbindungsgeraden g zweier zu einem starren Gliede von F gehörigen Punkte entspricht in der Polfigur F_0^v , bzw. F_0^s eine andere Gerade $g_0^v \perp g$, bzw. $g_0^s \parallel g$ und entsprechende Punkte liegen auf entsprechenden Geraden, sowie entsprechende Gerade gehen durch entsprechende Punkte; einer starren Figur (Stabgruppe) in F entspricht hienach eine ähnliche Figur in F_0^v und F_0^s .

Fasst man F_0^v als Polfigur der „Geschwindigkeiten“ auf, so erkennt man folgenden Zusammenhang derselben mit dem Hodograph H der Bewegungen:

Die Polstrahlen von F_0^v geben Grösse und Richtung der gleichzeitigen Geschwindigkeiten aller zum beweglichen Gebilde (F) gehörigen Punkte, und die Polstrahlen des Hodographen (H) geben Grösse und Richtung der Geschwindigkeiten eines Punktes zu aufeinanderfolgenden Zeiten an. Jeder Polstrahl OL_0^v von F_0^v lässt sich also gleichzeitig auffassen als Polstrahl des zum Punkte L gehörigen Hodographen H^L (mit demselben Pol O). Denkt man sich die durch ein Zeitelement dt unterschiedenen beiden Geschwindigkeitszustände durch die beiden zugehörigen Polfiguren $F_{0,1}^v$ und $F_{0,2}^v$ für denselben Pol O gezeichnet, so stellt die Verbindungsstrecke $\overline{L_{0,1}^v L_{0,2}^v}$ der zu L gehörigen beiden Punkte die Aenderung dv der Geschwindigkeit v von L während der Zeit dt dar, d. h. es ist $\overline{L_{0,1}^v L_{0,2}^v} = dv = \varphi dt = \text{Elementarbeschleunigung von } L$.

§. 13. d) Projiziert man die wirklichen Verschiebungen $\overline{AA^v}$, $\overline{FF^v}$... (Fig. 17) auf Linien, welche durch die Punkte A , F ... parallel einer gegebenen Richtung R gehen, so liegen die gefundenen Punkte A^r , F^r ... auf einer Geraden l^r , welche durch die Projektion T des Poles \mathfrak{P} in der Richtung R auf l geht; denn nennt man $\angle T\mathfrak{P}A = \alpha$, und den Fusspunkt der von A auf $\mathfrak{P}T$ gefällten Senkrechten A_t , so ist:

$$\overline{AA^r} = \overline{AA^v} \cdot \sin \alpha = \mathfrak{P} A \cdot \omega \cdot \sin \alpha = \overline{AA_t} \cdot \omega = \overline{AT} \cdot \omega \cdot \sin(Rl),$$

wächst also in demselben Verhältniss wie \overline{AT} .

*) Das Wesen dieser Polfiguren wurde vom Verfasser bereits in der „Schweizerischen Bauzeitung“, 1887, Bd. X, S. 160, kurz mitgeteilt; vergleiche die dortigen Schlussbemerkungen, sowie den später (auch nach Drucklegung der vorliegenden Arbeit) erschienenen Aufsatz von Mohr: „Ueber Geschwindigkeitspläne und Beschleunigungspläne“, Civil-Ingenieur, 1887, Heft VIII, in welchem die Polfiguren in erweiterter Weise auch für eine übersichtliche Darstellung der möglichen Beschleunigungszustände einer einfach beweglichen kinematischen Kette angewandt werden.

Eine andere gerade Linie erhält man, wenn man die senkrechten Verschiebungen in gleicher Weise projiziert.

e) Projiziert man alle Punkte $A, F \dots$ von l (Fig. 17) in einer gegebenen Richtung R auf eine gerade Linie, Grund- oder Nulllinie genannt, so dass sie nach $A_1, F_1 \dots$ fallen, und trägt man von diesen Projektionen die wirklichen Verschiebungen $\overline{AA^v}, \overline{FF^v} \dots$, die senkrechten Verschiebungen $\overline{AA^s}, \overline{FF^s}$ und die Verschiebungen in Richtung $R: \overline{AA^r}, \overline{FF^r} \dots$ nach Grösse und Richtung auf, dann liegen die so gefundenen Endpunkte $A_1^v, F_1^v \dots$ beziehungsweise $A_1^s, F_1^s \dots$ bzw. A_1^r, F_1^r auf geraden Linien l_1^v , bzw. l_1^s , bzw. l_1^r ; auf die einfachen Beweise möge hier verzichtet werden. Die Lagen aller dieser Linien $l, l^v, l^s, l^r, l_1^v, l_1^s, l_1^r$ stehen in einfachen Beziehungen, die leicht aus der Fig. 17 abzulesen sind. Nennt man die vier auf l befindlichen Punkte, welche auf den durch \mathfrak{P} gehenden Linien 1. in der Richtung von R , 2. senkrecht dazu, 3. in der Richtung der Nulllinie, 4. senkrecht dazu liegen: 1. T , 2. U , 3. V , 4. W , so geht:

$\left\{ \begin{array}{l} l^v \text{ durch } T^v, F^v, U^v; l^s \text{ durch } T^s, F^s, U^s, V^s; l^r \text{ durch } T^r, U^r, V^r; \\ l_1^v \text{ durch } T_1^v, W_1^v, U_1^v; l_1^s \text{ durch } T_1^s, F_1^s, U_1^s, V_1^s; l_1^r \text{ durch } T_1^r, U_1^r, V_1^r \end{array} \right\}$
und W_1^v, T_1^r, V_1^s liegen auf der Nulllinie. Steht die Nulllinie senkrecht auf R , so fallen die Punkte U und V , sowie T und W zusammen. Ist der Pol \mathfrak{P} und eine einzige Verschiebung, z. B. $\overline{AA^v}$ gegeben, so lässt sich hienach jede der Linien l^v, l^s u. s. w. nach diesen einfachen Beziehungen leicht unmittelbar aus l finden. Man erkennt ferner: A_1^v, A_1^s, A_1^r sind die Projektionen von A^v, A^s, A^r oder A auf l_1^v, l_1^s, l_1^r in der Richtung R . Die in derselben Richtung gemessenen Ordinaten der Linie l^r , zum Beispiel $\overline{A_1 A_1^r} = \overline{AA^r}$ stellen die Projektionen der wirklichen Verschiebungen auf die Richtung R dar, also die bei der Drehung erfolgten Verschiebungen der zu l gehörigen Punkte A in der Richtung R .

Für eine Linie m in der Richtung von R , zum Beispiel durch A gehend, schrumpft die zugehörige Linie m^r in einen Punkt A_1^r zusammen, weil alle Punkte von m in der Richtung von $m \parallel R$ die gleiche Verschiebung $\overline{AA^r}$ besitzen (vergl. 3 b). Dies gilt für jede mit l starr verbunden gedachte Gerade $\parallel R$.

Daraus folgt: Der ganzen mit l verbunden gedachten starren Ebene entspricht bei der Bewegung nur eine einzige Linie l_1^r . Da es bei Fachwerken, bei denen ein Stab zur genügenden Starrheit fehlt (nach Ausschaltung desjenigen Stabes, dessen Spannung gesucht wird), meist nur auf die Verschiebung von starren Figuren in einer gewissen Richtung (R) ankommt, vereinfacht die zuletzt angegebene Beziehung die Ermittlung der Verschiebungslinien l_1^r wesentlich. Jedem Stabe l eines derart verschieblichen Stabwerkes entspricht für einen gewissen Bewegungszustand eine verschobene Linie l^v , eine parallele Linie l^s , eine Linie l^r , sowie andere oben gekennzeichnete Linien $l_1^v, l_1^s, l_1^r, l_1^s, l_1^r$, wobei aber allein l_1^r

nicht nur dem Stabe l , sondern sogar allen Stäben entspricht, welche mit l eine starre Stabgruppe bilden.

Nennt man die ursprüngliche Form des einfach beweglichen Stabwerkes F , so entsprechen dieser Figur die durch Zusammenfassung aller Linien $l^v, l^s, l^r, l_1^v, l_1^s, l_1^r, l_1^s, l_1^r$ entstehenden Figuren $F^v, F^s, F^r, F_1^v, F_1^s, F_1^r, F_1^s, F_1^r$. Jede der allgemeinen Fig. F^v, F_1^v, F_1^r oder F^s, F_1^s, F_1^r kann nun dienen zur Ermittlung der Stabspannung S für ganz beliebig gegebene äussere Kräfte, während die besonderen Fig. F^r oder F_1^r besser gebraucht werden, wenn alle Kräfte der Richtung R parallel sind; (die Auflagerwiderstände brauchen hiebei nicht R parallel zu sein, da dieselben bei einer Formänderung keine Arbeit leisten.) Die in Gleichung 3) vorkommende allgemeine Grösse δ_x ist die aus einer der Fig. F^v, F_1^v oder F_1^r zu entnehmende Projektion der wirklichen Verschiebung δ^v auf die Krafrichtung oder der aus Fig. F^s, F_1^s oder F_1^r zu entnehmende senkrechte Abstand des Endpunktes der senkrechten Verschiebung von der durch den Anfangspunkt gehenden Krafrichtung. Sind die äusseren Kräfte der Richtung R parallel, so sind die δ_x unmittelbar die Verschiebungen δ^r in Richtung von R , d. h. die in Richtung von R gemessenen Ordinaten zwischen F und F^r oder zwischen der Nulllinie und F_1^r . Daraus folgt:

Geht die auf einen Stab (bzw. eine starre Stabgruppe) wirkende Kraft durch den zum Stabe gehörigen Pol, fällt ihre Richtung also mit der senkrechten Verschiebung des Angriffspunktes zusammen, so ist die bewirkte Stabspannung $S = 0$ *).

Die verschiedenen Verfahren zur Ermittlung der Stabspannung.

Zur Lösung der allgemeinen Aufgabe, die Stabspannung S eines Fachwerkstabes AB für beliebig gegebene äussere Kräfte zu bestimmen, kann man hienach verschiedene Verfahren einschlagen, welche nachstehend kurz angegeben werden mögen:

§. 14. *Erstes (allgemeines) Verfahren.* Man halte das Stabwerk nach Ausschaltung des Stabes AB an einem beliebigen anderen Stabe in der Ebene fest, zeichne eine der Figuren $F^v, F_1^v, F_1^r, F^s, F_1^s, F_1^r$ durch Annahme einer möglichen Verschiebung eines Knotenpunktes, ermittle auf irgendwelche Weise die unbekannten Auflagerwiderstände, bringe dieselben mit den gegebenen äusseren Kräften P an den Auflagerstellen an und ermittle die Stabspannung nach Gleichung 3: $S = \frac{1}{\Delta l} \cdot \Sigma P_x \cdot \delta_x$, wobei die Längenänderung Δl von AB nach Fig. 14 gefunden wird.

*) Da es bei der (weiter unten gezeigten) Ermittlung der Einflusslinien mit Hilfe der Pole nur auf die Bestimmung der Fig. F_1^r ankommt (man vergleiche das weiter befindliche fünfte Verfahren), kann man die unter 3 c, d und theilweise e angestellten allgemeinen Betrachtungen ganz übergehen und sich auf die unter b und Mitte e gegebenen Beziehungen für die Gerade l_1^r beschränken, wodurch die Betrachtungen wesentlich vereinfacht werden.

Die geometrische Bestimmtheit der Figuren F^s , F_o^s , F_v^s . Ist das gegebene Fachwerk, wie vorausgesetzt, geometrisch bestimmt (vergl. §. 7), so folgt aus den Beziehungen zwischen dem (nach Wegnahme des betrachteten Stabes $l = AB$ entstandenen) einfach beweglichen Stabwerk F und den zugehörigen Fig. F^s , F_o^s , F_v^s (vergl. §. 12), dass die Aufgabe, diese Figuren unter Erfüllung einer Bedingung der Formänderung zu finden, eine eindeutig geometrisch bestimmte ist. Denn die zur geometrischen Bestimmtheit von F fehlende Richtung (oder Länge) von AB wird in den entsprechenden Fig. F^s ... ersetzt durch eine andere Bedingung, z. B. dass die Verschiebung eines Punktes von F (d. h. der entsprechende Polstrahl von F_o^s oder F_v^s) eine gegebene Grösse oder die Aenderung der Entfernung zweier beliebigen Punkte (z. B. AB) eine gegebene Grösse besitze. Lässt man eine solche Bedingung der Formänderung zunächst ausser Acht und denkt ein zu F gehöriges Glied festgehalten, so bewegen sich die zu den anderen Punkten von F gehörigen entsprechenden Punkte von F^s ... auf geraden Linien, als Erzeugniss paralleler Strahlenbüschel, welche sich auf ähnliche Punktreihen stützen, woraus man erkennt, dass nur noch eine einzige Bedingung der Formänderung zur Festlegung dieser Figuren erforderlich ist. Man kann deshalb folgende geometrische Beziehungen aussprechen, welche den inneren Zusammenhang der Fig. F , F^s ... zum klaren Ausdruck bringen:

Ist ein geometrisch bestimmtes Stabwerk durch ein starres Glied g und die Richtungen aller anderen, nicht zu g gehörigen Stäbe bestimmt, so unterscheidet sich die nach Wegnahme eines (nicht zu g gehörigen) Stabes $l = AB$ zugehörige Fig. F^s in Hinsicht der geometrischen Form (Gestalt) von der gegebenen starren Figur (dem Stabwerk) nur dadurch, dass an Stelle der gegebenen Richtung AB eine andere Formbedingung d. h. eine Formänderung eintritt (z. B. die gegebene Grösse der Verschiebung eines Knotenpunktes) und die Polfigur F_o^s unterscheidet sich von der gegebenen starren Figur und von F^s ausserdem noch weiter dadurch, dass die Dimensionen des festgehaltenen Gliedes g zu Null zusammenschrumpfen.

Die hier für geometrisch bestimmte Stabwerke nachgewiesenen Beziehungen gelten, wie man leicht erkennt, ganz entsprechend allgemein für alle Arten geometrisch (und in Folge dessen auch statisch) bestimmter Träger, denen man nach Lösung der Starrheit eine bestimmte Formänderung w_a zu Theil werden lässt.

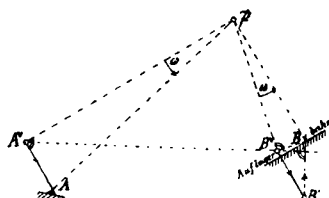
Mit dem Nachweise, dass sich die Fig. F^s , F_o^s , F_v^s für eine gegebene Formänderung des Trägers auf geometrischem Wege eindeutig ermitteln lassen, ist gleichzeitig bewiesen, dass sich auch die Stabspannungen S für alle geometrisch bestimmten Stabwerke mit beliebiger Stabgruppierung eindeutig bestimmen lassen, wie in der Vorbemerkung zu Abschnitt B dieser Abhandlung (§. 7) erwähnt wurde.

§. 15. *Zweites Verfahren* (ohne Ermittlung der Auflagerwiderstände). Man beginne wie bei dem ersten Verfahren, drehe das verschobene Stabwerk F^v nachher um einen, bzw. (wenn das gegebene Fachwerk ohne die Auflagerungen kein starres Ganzes bildet) mehrere leicht zu bestimmende Pole β in der Zeichnungsebene, so dass die Auflagerbedingungen wieder erfüllt werden und setze die so erhaltenen beiden zu je einem Knotenpunkte gehörigen Verschiebungen zu einer einzigen Verschiebung zusammen; dann verrichten die Auflagerwiderstände bei den so gefundenen Schlussverschiebungen keine Arbeit und fallen demgemäss in der Grundgleichung 3 weg, so dass als einzige Unbekannte die Stabspannung S vorkommt.

Hiebei ist also im Allgemeinen folgende Aufgabe zu lösen (Fig. 19): Zwei zu einem Fachwerk F gehörige Auflagerpunkte A und B , von welchen A zu einem festen, B zu einem gleitenden Auflager gehören, kommen durch die Verschiebung nach A^v und B^v zu F^v gehörig; gesucht der Pol β , um welchen die verschobene Fig. F^v in der Zeichnungs-

ebene zu drehen ist, damit sie die Auflagerbedingungen wieder erfüllt. — Man mache $\overline{A^v A} \parallel \overline{B^v B'}$ (gleich und parallel), falle von B' auf die Verbindungslinie $A^v B^v$ eine Senkrechte (also auch $\perp AB'$), welche die Auflagerbahn in B schneidet, so ist $\overline{B^v B}$ die zur Verschiebung $\overline{A^v A}$

Fig. 19.



gehörige gesuchte Verschiebung von B^v und der Schnittpunkt der in A^v und B^v auf diesen Verschiebungen errichteten Senkrechten der gesuchte Pol β . Der einfache Beweis gründet sich darauf, zuerst die Linie $\overline{A^v B^v}$ mit dem starr verbunden gedachten, verschobenen Stabwerk F^v parallel mit sich selbst nach $\overline{AB'}$ zu verschieben und dann um den festen Auflagerpunkt A zu drehen, wobei sich B' senkrecht zu AB' , also auch $\perp A^v B^v$ bewegt.

In den meisten Fällen ist es für die Anwendungen jedoch bequemer, die Verschiebung der Fig. F^v nicht durch eine einzige Drehung um einen Pol β , sondern, wie eben erwähnt, zuerst durch eine Parallelverschiebung und dann eine Drehung zu bewirken, wie folgt:

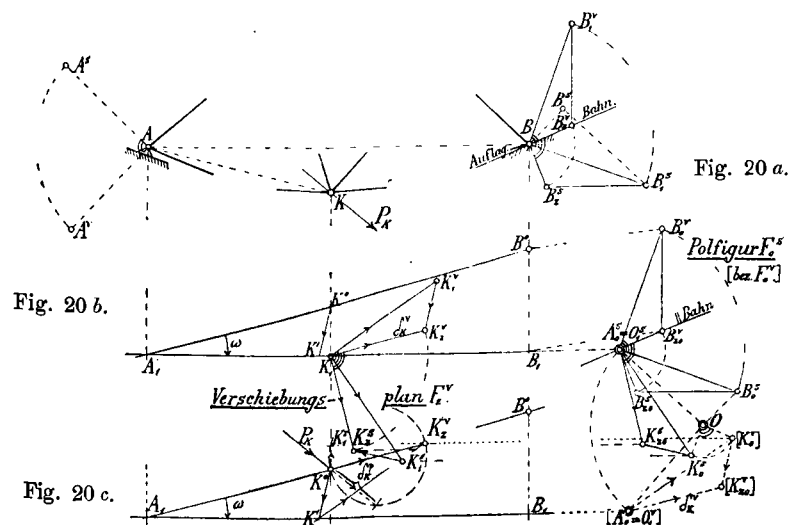
Besteht der Träger (wie meist) aus einem einzigen starren Stück mit einem festen und einem gleitenden Auflager, so ist es zweckmässig, einen an den ausgeschalteten Stab l anstossenden Stab m als fest anzunehmen, die (senkrechte) Verschiebung $\overline{A A_1^s}$ des festen Auflagerpunktes A und diejenige des beweglichen Auflagerpunktes B mit Hilfe der Fig. F^s oder F_o^s zu bestimmen und dann das (nicht zu zeichnende) verschobene und jetzt in sich als starr betrachtete Stabwerk F^v parallel mit sich selbst zu verschieben, so dass A^v wieder nach A kommt und die eine Auflagerbedingung hienach erfüllt wird. Ist in Fig. 20a O der Pol für F_o^s , zu dem in Fig. 20 durch A, B und einen Knotenpunkt K angedeuteten Fachwerk gehörig, so ist $\overline{A A^s} = \overline{O A_o^s}$, $\overline{B B^s} = \overline{O B_o^s}$. Ein beliebiger Knotenpunkt K von F habe die senkrechte Verschiebung $\overline{O K^s}$.

Durch die Parallelverschiebung von F^v in der Richtung $\overline{A^v A} = \overline{A_o^s O}$ erhalten sämtliche Knotenpunkte ausser ihrer ersten Verschiebung noch die gleiche wirkliche Verschiebung $\overline{A_o^s O}$ oder die gleiche senkrechte Verschiebung $\overline{A_o^s O}$. Verschiebungen werden aber wie Kräfte zusammengesetzt, so dass die aus den beiden senkrechten Verschiebungen $\overline{A_o^s O}$ und $\overline{O K^s}$ sich ergebende senkrechte Schlussverschiebung die Grösse und Richtung von $\overline{A_o^s K^s}$ hat und demnach A_o^s als Pol für die Schlussverschiebungen angesehen werden darf. Dies gilt für jeden anderen Knotenpunkt K und ganz entsprechend für eine Polfigur F_o^s und daraus folgt:

Durch die Parallelverschiebung der Fig. F^v von der Grösse $\overline{A^v A}$ in der wirklichen, bzw. $\overline{A^v A}$ in der zur Verschiebung senkrechten Richtung

verschiebt sich der zu F_o^v , bzw. F_o^s gehörige Pol von O nach $A_o^v = O_1^v$, bzw. $A_o^s = O_1^s$, so dass alle von O_1^v , bzw. O_1^s nach den Eckpunkten von F_o^v , bzw. F_o^s ausgehenden Polstrahlen die wirklichen, bzw. senkrechten Verschiebungen der entsprechenden Knotenpunkte von F darstellen, wobei die Auflagerbedingung bei A erfüllt bleibt und sich der Auflagerpunkt B um die senkrechte Verschiebung $\overline{O_1^s B_o^s} = \overline{B B_1^s}$ oder die wirkliche Verschiebung $\overline{O_1^v B_o^v} = \overline{B B_1^v}$ verschiebt.

Fig. 20.



Jetzt ist noch eine Drehung des ganzen Stabwerkes um A zu bewirken, bis auch die Auflagerbedingung bei B wieder erfüllt wird. Für diese Drehung liegt die zugehörige senkrechte Verschiebung von B auf dem Polstrahl AB (da A der Pol der Drehung ist). Da nun die Verschiebungen verschwindend klein angenommen werden, findet man die wirkliche Schlussverschiebung von B von der Anfangslage B bis zur Endlage, wenn man durch B_1^v eine Senkrechte zu AB zieht, welche die Auflagerbahn in dem Endpunkte B_z^v der wirklichen Verschiebung schneidet.

Auf gleiche Weise findet man in Fig. F_o^s (bzw. F_o^v) den Endpunkt $B_{z,o}^v$, wie gezeichnet. Ganz entsprechend findet man $B_{z,o}^s$ (unmittelbar, ohne vorherige Ermittlung von $B_{z,o}^v$) als Schnittpunkt einer Linie durch $B_o^s \parallel AB$ und durch $A_o^s \perp$ Auflagerbahn bei B ; es ist dann $\overline{O_1^s B_{z,o}^s}$ die wirkliche und $\overline{O_1^v B_{z,o}^v}$ die senkrechte Schlussverschiebung von B von der Anfangs- bis zur Endlage. Die entsprechenden Schlussverschiebungen aller übrigen Knotenpunkte, auf deren Ermittlung es ankommt, ergeben sich am besten mit Hilfe einer Fig. F_1^s (bzw. F_1^v) (vergleiche kinematische Grundbeziehungen unter 3e) folgendermaassen (Fig. 20b):

Man projiziere die Knotenpunkte K des gegebenen Stabwerkes in einer Richtung $R \perp AB$ auf eine Gerade $A_1 B_1 \parallel AB$ durch O_1^s und nenne die Projektionen K_1 , trage von B_1 aus auf dem Projektionsstrahl $B B_1$ eine Strecke $\overline{B_1 B_o^s} = \overline{B_1 B_z^s} = \overline{B_o^v B_{z,o}^v} = \overline{B_o^s B_{z,o}^s}$, gleich der letzten wirklichen Verschiebung von $B_1 \perp AB$ auf, und bezeichne die Projektion

von K auf $A_1 B_o^s$ mit K_o^s , dann ist $\overline{K_o^s K_1}$ die Verschiebung von K in einer Richtung $\perp AB$, erzeugt durch die Drehung von F^v um A , bis B_1^v nach B_z^v gelangt. *) Man betrachte jetzt die Gerade $A_1 B_1$ als Nulllinie für eine zu zeichnende Fig. F_1^s , indem man von den Projektionen K_1 Strecken $\overline{K_1 K_1^s} \neq \overline{O_1^s K_o^s}$ (der Fig. F_o^s) abträgt. Zu dieser senkrechten Verschiebung kommt jetzt noch eine durch die Drehung um den Pol A erzeugte, welche von K_1^s aus die Richtung des Polstrahles AK hat und deren Grösse sich ergibt als Abschnitt $\overline{K_o^s K'}$ einer durch $K_o^s \perp AK$ gezogenen Linie zwischen den Geraden $A_1 B_o^s$ und $A_1 B_1$; denn diese Länge ist die wirkliche Verschiebung von K , da deren Projektion $\overline{K_o^s K_1}$ auf die Richtung $R \perp AB$ die Grösse der bei der Drehung erfolgten Verschiebung in dieser Richtung ist. Macht man daher $\overline{K_1^s K_z^s} \perp \overline{K_o^s K'}$ (durch Rechtsdrehung der Richtung $K_o^s K'$ um K_o^s um 90° entstanden), dann ist $\overline{K_1 K_z^s}$ die senkrechte Schlussverschiebung von K von der Anfangs- bis zur Endlage.

In ganz ähnlicher Weise kann man auch aus der wirklichen Verschiebung $\overline{K_1 K_1^v}$ die wirkliche Schlussverschiebung $\overline{K_1 K_z^v}$ finden, indem man $\overline{K_1^v K_z^v} \neq \overline{K_o^v K'}$ macht. Die Gesamtheit dieser von $A_1 B_1$ ausgehenden wirklichen oder senkrechten Schlussverschiebungen werde als „Verschiebungsplan F_z^v bzw. F_z^s “ bezeichnet (entsprechend den früheren Fig. F_1^v und F_1^s). Die Darstellung des unter dem Stabwerk F gezeichneten Verschiebungsplanes F_z^v (Fig. 20b) wird noch etwas vereinfacht, wenn man die Linien $A_1 B_1$ und $A_1 B_o^s$ in Fig. 20c so legt, dass $A_1 B_1$ durch den Pol O_1^v der Polfigur F_o^v geht. Zieht man dann durch K' eine Parallele zum Polstrahl $O_1^v K_o^v$ und durch K_o^v einen Projektionsstrahl $\parallel A_1 B_1$, so gibt der Schnittpunkt K_z^v den Endpunkt der zu K gehörigen und von K_o^v ausgehenden Schlussverschiebung $\overline{K_o^v K_z^v}$ nach Grösse und Richtung an. Der so entstandene Verschiebungsplan bezieht sich also auf die Nulllinie $A_1 B_o^s$. Schlägt man über der wirklichen Verschiebung $\overline{K_o^v K_z^v}$ einen Kreis und wirkt in K eine beliebige Kraft P_k , so wird der Einfluss dieser Kraft auf die gesuchte Stabspannung dargestellt durch $S^k = P_k \frac{\delta_k^p}{\Delta l}$, wobei δ_k^p die Länge der durch K_o^v in Richtung von P_k gezogenen Kreissehne, und positiv oder negativ ist, je nachdem die von K_o^v ausgehende Richtung mit der Krafrichtung gleich oder entgegengesetzt gerichtet ist. Die Ermittlung der Schlussverschiebungen lässt sich auch unmittelbar in der Fig. F_o^s , bzw. F_o^v bewerkstelligen und hat man alsdann nur das Zeichnen der beiden Linien $A_1 B_1$ und $A_1 B_o^s$ nötig, um daraus die Grösse der wirklichen Knoten-

*) Man kann, falls AB nicht wagrecht ist, doch $A_1 B_1$ durch O_1^s wagrecht ziehen, muss aber dann $B_1 B_o^s$ gleich der lothrechten Projektion von $\overline{B_o^v B_{z,o}^v}$ machen und durch K lothrechte Projektionsstrahlen ziehen.

punktverschiebung $\overline{K^o K^r}$ zu entnehmen, während die Richtung durch den zugehörigen Polstrahl AK (für F_o^s), beziehungsweise die dazu senkrechte Richtung (für F_o^v) bestimmt ist.

So umständlich dieses Verfahren vielleicht in der Darstellung erscheinen mag, so einfach gestaltet es sich bei der wirklichen Anwendung, und möge deshalb eine kurze Zusammenfassung desselben in den Grundzügen nachstehend erfolgen (Fig. 20):

Nach Ausschaltung des betrachteten Stabes l halte man das bewegliche Stabwerk F an einem benachbarten Stab m fest, suche die zugehörige Polfigur $F_o^s (F_o^v)$, betrachte dann den gefundenen Verschiebungsendpunkt $A_o^s (A_o^v)$ des am festen Auflager befindlichen Knotenpunktes als neuen Pol $O_1^s (O_1^v)$ und gebe den Knotenpunkten $K_o^s (K_o^v)$ noch senkrechte Verschiebungen $\overline{K_o^s K_o^s} \perp \overline{K^o K^r}$ (bezw. wirkliche Verschiebungen $\overline{K_o^v K_o^v} \parallel \overline{K^o K^r}$), wobei man $K^o K^r$ in der angegebenen Weise durch zwei Gerade $A_1 B_1$ und $A_1 B^o$ erhält, von denen $A_1 B_1$ die Verschiebungslinie des nach der Längenänderung Δl starr gedachten Stabwerkes F^v bei der Drehung um A in Bezug auf die Nulllinie $A_1 B^o$ in einer Richtung $\perp A B$ ist. Je nachdem man die beiden, zu je einem Knotenpunkte gehörigen Verschiebungen zwischen den Geraden $A_1 B_1$ und $A_1 B^o$ oder in der Polfigur selbst vereinigt, erhält man den Verschiebungsplan F_o^v oder F_o^s bzw. die Polfigur F_o^v oder F_o^s der Schlussverschiebungen. Bei Vorhandensein vieler gegenseitig beweglicher Knotenpunkte wird die Darstellung des Verschiebungsplanes übersichtlicher.

Es lässt sich auch leicht bei der Ermittlung der Fig. F_o^s , bzw. F_o^v zugleich die Bedingung $\Delta l = 1$ erfüllen; denn da der eine Endpunkt von l zunächst festgedacht wird, muss die Verschiebung des anderen Endpunktes eine ganz bestimmte, gewöhnlich sehr leicht zu findende Richtung haben, so dass nach Fig. 14 die Lage dieses Verschiebungsendpunktes leicht zu finden ist. Beispiele zu diesem Verfahren befinden sich am Ende des Aufsatzes.

Ist bei Festhalten des Stabes m auch der ganze bis zum Auflager A befindliche Theil von F starr, dann ergibt sich selbstverständlich die Verschiebung des Punktes A gleich Null, d. h. A_o^s fällt in den zuerst angenommenen Pol O selbst, so dass die (freilich gar nicht umständliche) Parallelverschiebung von F^v wegfällt und nur eine Drehung um A nöthig ist. Wenn die Kraftrichtung nur die lothrechte (R) ist (wie bei Lasten), so kommt es nur auf die Ermittlung der Verschiebungen in lothrechter Richtung (Durchbiegungen) an und das gegebene allgemeine Verfahren vereinfacht sich wesentlich, wie folgt. Ist in Fig. 20c $A_1 B_1$ wagrecht, dann geben die Schnittpunkte der wagrechten Projektionsstrahlen durch die Punkte von F_o^v (z. B. K_o^v) mit den entsprechenden lothrechten Projektionsstrahlen durch F (z. B. K) Punkte (K_1^r), deren lothrechte Ordinaten von der Nulllinie $A_1 B^o$ als ($K^o K_1^r$) sofort Grösse und Richtung der

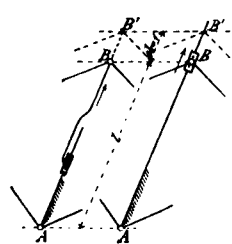
lothrechten Verschiebungen (d. h. die Durchbiegungen) darstellen und entsprechend der Fig. F zu einer Fig. F_1^r vereinigt, die Einflussfigur für die betrachtete Stabspannung darstellen. (Man vergleiche die weiter befindlichen Fig. 25c, 26b und 28b und c.)

Besteht der gegebene Träger aus mehreren einzelnen starren Theilen $F_1, F_2 \dots$, welche durch Hauptgelenke miteinander verbunden sind und mehr als drei Auflagerbedingungen besitzen (wie z. B. der Bogenträger mit drei Gelenken, oder der Gerber'sche Gelenkträger), dann verfähre man Anfangs gerade so, wie eben angegeben, indem man zunächst zu demjenigen Theil $F_{(1)}$, welchem der betrachtete Stab l angehört, die zugehörige Fig. $F_o^s (F_o^v)$ zeichnet, das verschobene Stabwerk $F_{(1)}$ dann parallel mit sich selbst so verschiebt, dass die Verbindung mit dem einen benachbarten Theile F , welcher weiter mit einem festen Auflager in Verbindung steht, wieder hergestellt ist, und schliesslich $F_{(1)}^v$ noch so dreht, dass die anderen Trägertheile F die zugehörigen Auflagerbedingungen erfüllen und der Zusammenhang an den Hauptgelenkpunkten gewahrt bleibt, was aus dem geometrischen Zusammenhange der Theile $F_1 F_2 \dots$ leicht erkennbar ist und worauf wir nicht näher eingehen, zumal in diesen Fällen (und allen denjenigen, bei welchen nach Lösung der Starrheit überhaupt nur eine geringe Anzahl gegenseitig beweglicher Glieder vorhanden ist) meist das weiter angegebene vierte oder fünfte Verfahren vortheilhafter ist. Ein Beispiel (Fig. 26b) findet sich auch am Ende der Abhandlung.

§. 16. Drittes Verfahren (ohne Ermittlung von Δl).

Man halte den einen, zum Beispiel an A anstossenden Theil des Stabes AB in der Zeichnungsebene fest und verbinde den anderen Knotenpunkt mit dem festgehaltenen Stabtheile nach Fig. 21a oder 21b durch eine Gleit- oder Führungsverbindung (kinematisch auch Prismenverbindung genannt) derart, dass dieser Knotenpunkt B gezwungen wird, sich in der Richtung AB zu bewegen (und demgemäss alle Bewegungspole der von B ausgehenden

Fig. 21 a. Fig. 21 b.



Stäbe auf einer Geraden durch $B \perp AB$ liegen); man verschiebe den Punkt B um eine Länge $\overline{BB'} = \Delta l = 1$, ermittle hierzu eine der Fig. F_o^v, F_o^s u. s. w. und verfähre weiter wie bei dem Schlusse des vorigen Verfahrens, indem man das verschobene Stabwerk erst parallel mit sich selbst verschiebt und dann dreht, so dass die Auflagerbedingungen wieder erfüllt werden. Hierbei fällt ausser der anderweitigen Bestimmung der Auflagerwiderstände auch die Ermittlung von Δl fort.

§. 17. Viertes Verfahren (unter anfänglicher Berücksichtigung der Auflagerbedingungen); vergl. Fig. 22.

Man schalte den Stab AB aus, ermittle für die entstandene bewegliche Stabverbindung unter Berücksichtigung der Auflagerbedingungen die Bewegungspole (oa), (ob), (oc) ... der Stäbe, in Bezug auf die, mit der

Zeichnungsebene zusammenfallend gedachte feste Stützebene E_0 (welche die gegenseitig in unveränderlicher Lage befindlichen Auflagerungen enthält) und zeichne hienach eine der Fig. F^v , F^s u. s. w., am besten entweder F_0^v oder F_0^s wobei sich gewisse Zeichnungscontrollen ergeben. Nach Gleichung 3 ist dann die Stabspannung S bestimmt, wobei Δl nach Fig. 14 ermittelt wird.

Zusatz. Da die Verschiebungen aller Punkte des zwangsläufig beweglichen Stabwerkes von der einen beliebig anzunehmenden Verschiebung eines Knotenpunktes vollständig und zwar im ersten Grade abhängig sind, stehen je zwei Verschiebungen zweier Punkte bei Aenderung der einen beliebig anzunehmenden Verschiebung stets in gleichem Verhältniss.

Es ist deshalb sehr leicht, diejenigen beiden zusammengehörigen Verschiebungen der zum ausgeschalteten Stabe l gehörigen Endpunkte A und B zu ermitteln, durch welche die ursprüngliche Entfernung $AB = l$ um ein vorgeschriebenes Maass, also auch um $\Delta l = 1$ geändert wird, da nach Fig. 14 die jetzt veränderlich gedachten Punkte B' bzw. B'' stets auf Geraden durch A liegen müssen und die Verschiebungsrichtungen ungeändert bleiben. Man ermittelt zu diesem Zwecke nur zwei beliebige zusammengehörige Verschiebungen von A und B , wozu im Allgemeinen schon ein Theil der Fig. F^s , F_0^v oder F_0^s genügt, zeichnet dann diejenigen beiden Verschiebungen, bei welchen $\Delta l = 1$ wird und vervollständigt die Verschiebungsfigur, wodurch bei Anwendung der Gleichung 3 der Nenner Δl in Wegfall kommt und die zu einer Kraft $= 1$ gehörige Projektion der wirklichen Verschiebung unmittelbar die Grösse der von dieser Kraft verursachten Stabspannung S angibt. Dieses

Fig. 22.

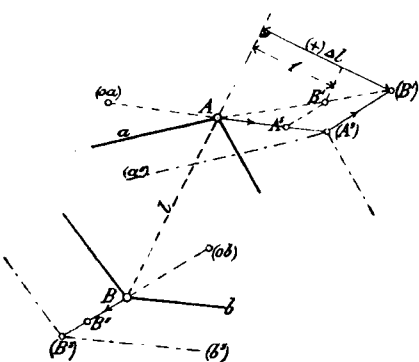
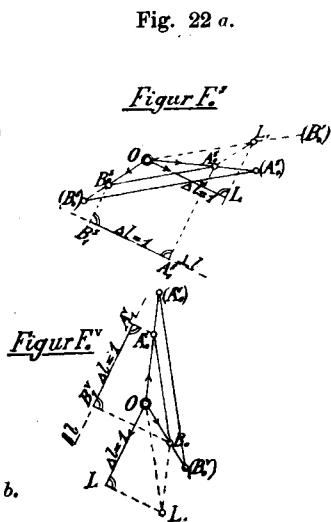


Fig. 22 b.



Verfahren ist in Fig. 22 für zwei zusammengehörige senkrechte Verschiebungen $A(A^s)$ und $B(B^s)$ gezeigt; es ist $(A^s)(B^s) \parallel (B^s)B$ und B^s auf $A(B^s)$ so bestimmt, dass der senkrechte Abstand von $l(=\Delta l)$ gleich 1 ist, dann sind $\overline{B'A^s} \parallel (B^s)(A^s)$ und $\overline{AA^s}$ die zusammengehörigen senkrechten Verschiebungen von B und A für $\Delta l = 1$; (vergl. auch Fig. 14).

Bei Zeichnung der Fig. F_0^s ist das Verfahren, wie Fig. 22 a zeigt, folgendermassen. Ist O der Pol für F_0^s und sind (A_0^s) , (B_0^s) zwei zusammengehörige Verschiebungs-

endpunkte von A und B , so denke man sich beiden genannten Punkten die gleiche senkrechte Verschiebung $\overline{B^s}B = (B_0^s)O$ zuertheilt, wodurch (B_0^s) nach O und (A_0^s) nach (B_0^s) auf eine Linie $O(B_0^s) \parallel (A_0^s)(B_0^s) \parallel A(B^s)$ gelangt. Diejenige Strecke $\overline{OL_1}$ dieser Linie, deren Projektion auf eine Richtung $\perp l$ gleich $\Delta l = 1$ ist, gibt Grösse und Richtung der senkrechten Schlussverschiebung des Punktes A gegen den festgedachten Punkt B für die Bedingung $\Delta l = 1$ an. Verschiebt man $\overline{OL_1}$ parallel mit sich selbst in der Richtung $O(B_0^s)$ bis L_1 nach A_0^s auf $O(A_0^s)$ zu liegen kommt, dann gelangt O nach B_0^s und $\overline{OA_0^s}$ sowie $\overline{OB_0^s}$ sind die gesuchten zusammengehörigen senkrechten Verschiebungen für $\Delta l = 1$.

Ganz entsprechend verfährt man bei Zeichnung der Fig. F_0^v nach Fig. 22 b. Sind (A_0^v) und (B_0^v) zwei zusammengehörige Verschiebungspunkte, so denke man sich jetzt z. B. den verschobenen Punkt (A_0^v) der Polfigur F_0^v in die Anfangslage nach O verschoben, wodurch gleichzeitig (B_0^v) auf eine Linie durch $O \parallel (A_0^v)(B_0^v)$ gelangt. Diejenige Strecke $\overline{OL_1}$ dieser Linie, deren Projektion auf die Richtung l gleich $\Delta l = 1$ ist, gibt Grösse und Richtung der wirklichen Schlussverschiebung von B gegen den festgedachten Punkt A an, welche Strecke nur parallel mit sich selbst in der Richtung $O(A_0^v)$ zu verschieben ist, bis L_1 nach B_0^v auf $O(B_0^v)$ und O nach A_0^v gelangt, womit die gesuchten Verschiebungsendpunkte gefunden sind. Da in Fig. 22 a $\overline{OL_1} \parallel \overline{A_0^s}B_0^s$ und in Fig. 22 b $\overline{OL_1} \parallel \overline{A_0^v}B_0^v$ ist, erkennt man die Richtigkeit folgender für die Polfiguren F_0^v und F_0^s geltenden wichtigen Beziehung:

Die bei einer verschwindend kleinen kinematischen Formänderung eines beweglichen Stabwerkes (oder einer kinematischen Kette) entstehende Längenänderung $\Delta \overline{AB}$ der Entfernung zweier ganz beliebigen

Punkte A, B ist gleich der Projektion $\left\{ \begin{matrix} \overline{A_1^v}B_1^v \\ \overline{A_1^s}B_1^s \end{matrix} \right\}$ der entsprechenden Verbindungslinie

$$\left\{ \begin{matrix} \overline{A_0^v}B_0^v \text{ in } F_0^v \text{ auf eine Richtung } \parallel AB \\ \overline{A_0^s}B_0^s \text{ in } F_0^s \text{ auf eine Richtung } \perp AB \end{matrix} \right\}$$

und positiv oder negativ, je nachdem diese Projektion den gleichen, bzw. entgegengesetzten Richtungssinn wie AB , bzw. die um 90° nach rechts gedrehte Richtung AB besitzt.*)

§. 18. Fünftes Verfahren (Ermittlung der Fig. $F_1^r = F^r$).

In den meisten wirklich vorkommenden Fällen sind die äusseren Kräfte lothrecht nach abwärts wirkende Lasten; für derartige, einer Richtung R (der Lothrichtung) parallele äussere Kräfte braucht man zur Ermittlung der Stabspannungen nur die Projektionen der wirklichen Verschiebungen der Knotenpunkte in dieser Richtung R , d. h. die Fig. F^r oder F_1^r . Um die Figur des gezeichneten

*) Diese Beziehung konnte auch früher an Fig. 18 a mit Zuhilfenahme von Fig. 14 abgeleitet werden.

Fachwerkes nicht mit Linien zu überladen, ist es zweckmässig, nur die gesonderte Fig. F_1^r unter dem gegebenen Fachwerk zu zeichnen, vergl. Fig. 23 a, 23 b; diese Fig. F_1^r werde jetzt einfacher mit „ F^r “ bezeichnet und „Figur der Verschiebungen oder Durchbiegungen in der Richtung R “ oder noch kürzer „Verschiebungsfigur“ genannt. Die Bezeichnungen für alle zu derselben gehörigen Linien und Punkte werden mit einem oberen Strich versehen. Diese Fig. F^r besitzt nachstehende Eigenschaften.

Fig. 23 a.

Fig. 23 c.

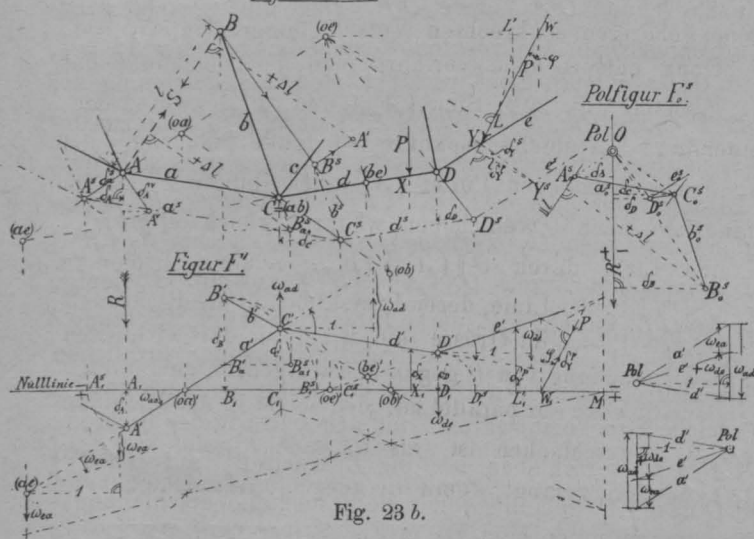
Figur F und F^s 

Fig. 23 b.

§. 19. Eigenschaften der Verschiebungsfigur F^r (Figuren 23 a bis c).

1. Jedem Stabe s (und der mit ihm starr verbunden gedachten beweglichen Ebene), sowie jeder starren Stabgruppe des beweglichen Stabwerkes F entspricht eine zugehörige darunter befindliche Linie s^r der Fig. F^r , kurz „Verschiebungslinie“ genannt, und diese Linie schneidet die Nulllinie von F^r in einem Punkte, welcher als Projektion des Bewegungspoles (os) in der Richtung R auf die Nulllinie erhalten wird; unter Pol (os) ist hierbei der Pol des beweglichen Gliedes s gegenüber der fest gedachten Zeichnungs- oder Stützebene E_0 gemeint. Diese Eigenschaft folgt aus den Beziehungen unter 3 e (§. 13) und Fig. 17.

2. Die zu zwei beliebigen starren Gliedern (Stäben) m und n der Fig. F zugehörigen Verschiebungslinien m^r und n^r der Fig. F^r schneiden sich in einem Punkte, welcher auf der durch den Pol (mn) in der Richtung R gehenden Linie liegt; denn der Pol (mn) ist derjenige Punkt, welcher während der augenblicklichen Bewegung sowohl mit dem Gliede m als auch mit dem Gliede n starr verbunden gedacht werden kann, d. h. zu beiden Gliedern gerechnet die gleiche Verschiebung besitzt; deshalb müssen sich die zugehörigen Verschiebungslinien unter diesem Pole in der Richtung von R schneiden.

Man erkennt daraus, dass durch die angenommene Verschiebung eines einzigen Knotenpunktes in Richtung von R sämtliche übrigen Verschiebungen mit Leichtigkeit durch die Lage der Pole ermittelt werden können.

3. a) Zeichnet man für verschiedene angenommene gleichgerichtete Verschiebungen $\delta_1, \delta_2 \dots$ eines Knoten-

punktes, d. h. für verschiedene Verschiebungszustände die zugehörigen Fig. $F_1^r, F_2^r \dots$ (in der Richtung R) für eine Nulllinie, so sind alle diese Verschiebungsfiguren untereinander affin, u. zw. ist die zugehörige Nulllinie die Affinitätsachse und entsprechende Punkte liegen auf Geraden in der Richtung R ; (vergl. Schluss von Abschnitt A).

b) Zeichnet man für einen Verschiebungszustand aber für verschiedene durch einen Punkt M gehende Nulllinien die zugehörigen Fig. F^r , so sind dieselben untereinander affin, und zwar ist die durch M in Richtung R gehende Linie die Affinitätsachse und entsprechende Punkte liegen auf Geraden in der Richtung R .

4 a. Dreht man die Punkte $A', B', C' \dots$ der Fig. F^r um ihre Projektionen $A_1, B_1, C_1 \dots$ auf die Nulllinie (in Richtung von R) um einen rechten Winkel rechts herum, dann liegen die so gefundenen Punkte $A_1^s, B_1^s, C_1^s \dots$ auf den Projektionsstrahlen durch die Knotenpunkte der Fig. F^s in Richtung von R ; denn die Ordinaten δ von F^r , darstellend die Projektionen der wirklichen Verschiebungen auf die Richtung R , sind gleich den Projektionen der senkrechten Verschiebungen auf eine Richtung senkrecht zu R . Steht die Nulllinie senkrecht auf R (wie gezeichnet) so fallen die Punkte $A_1^s, B_1^s, C_1^s \dots$ selbst auf die Nulllinie und können dann auch als Projektionen der Punkte A', B', C' auf die Nulllinie in einer Richtung aufgefasst werden, welche mit R einen Winkel von 45° einschliesst. Ist F^r zuerst gezeichnet, so kann man hienach auch leicht die Fig. F^s finden, da die Knotenpunkte dieser Figur einmal auf den angegebenen Projektionsstrahlen und ferner auf den zugehörigen Polstrahlen liegen müssen, wie Fig. 23 a zeigt. Ferner folgt aus diesen Beziehungen:

4 b. Die senkrechten Abstände der Punkte der Polfigur F_0^s von einer durch den zugehörigen Pol O gehenden Richtungslinie $R' \parallel R$ sind gleich den Ordinaten δ von F^r . Punkten $\left\{ \begin{array}{l} \text{links} \\ \text{rechts} \end{array} \right\}$ von R' entsprechen hiebei $\left\{ \begin{array}{l} \text{positive (nach abwärts gerichtete)} \\ \text{negative („ aufwärts „)} \end{array} \right\}$ Ordinaten von F^r ; denn durch Linksdrehung von F_0^s um den Pol O um 90° entsteht die Polfigur F_0^v , womit gleichzeitig die links, bzw. rechts von R' gelegenen Punkte unterhalb, bzw. oberhalb der gedrehten Richtungslinie $R'' \perp R'$ fallen; die Ordinaten von F_0^v bezogen auf diese durch O gehende Richtung $R'' \perp R'$ sind gleich δ .

5. Die durch die Bewegung verursachte gegenseitige Verdrehung ω_{mn} zweier ganz beliebigen starren Glieder m und n (Stäbe, bzw. starren Stabgruppen) kommt in dem Schnittwinkel der zugehörigen Verschiebungslinien m^r und n^r zum Ausdruck, und zwar ist stets derjenige von den beiden zusammen 180° bildenden Nebenwinkeln zu nehmen, welcher die durch den Scheitelpunkt gehende Richtung R nicht enthält, d. h. seitlich von dieser Richtungslinie liegt. Denn denkt man das eine Glied festgehalten, so bewegen sich die Punkte des anderen Gliedes stets auf derselben Seite von der durch den gemeinsamen Pol (mn) gehenden Richtungslinie R (mit Ausnahme der, der letzteren Linie

nach der entgegengesetzten Drehungsseite hin unmittelbar benachbarten Linie). Da nur verschwindend kleine Drehungen vorausgesetzt werden, so sind die Verschiebungen δ und demgemäss auch die Verdrehungen ω in der Fig. F' in einem in der Richtung R verzerrten Maassstabe dargestellt, oder mit anderen Worten: die Einheit des Maassstabes der Ordinaten von Fig. F' ist eine andere (grössere) als diejenige der Abscissen. Die Grösse dieser in Wirklichkeit sehr kleinen Verdrehungswinkel ω_{mn} zweier Glieder m und n wird demnach dargestellt durch den in Richtung von R gemessenen Abstand der beiden zugehörigen Verschiebungslinien m' , n' , und zwar gemessen in der Entfernung $= 1 (\perp R)$ von ihrem Schnittpunkte (im Maassstabe der Fig. F'); denn hält man das eine Glied fest, so dreht sich eine durch den gemeinsamen Pol $(mn) \perp R$ gehende und zum anderen Gliede gehörige Linie um einen Winkel, welcher durch die Verschiebung des in der Entfernung 1 vom Pol auf dieser Linie befindlichen Punktes gemessen wird.

Die Verdrehung eines starren Gliedes s von der ursprünglichen Lage aus gerechnet, ist gleich dem in der angegebenen Weise zu messenden Schnittwinkel ω_{so} der zur Fig. F' gehörigen Linie s' mit der Nulllinie.

Denkt man sich die durch Fig. F' dargestellte kinematische Formänderung während der Zeiteinheit entstanden, so stellen die Verschiebungen gleichzeitig die Geschwindigkeiten dar und demgemäss die Verdrehungswinkel ω_{mn} gleichzeitig die gegenseitigen (relativen) Winkelgeschwindigkeiten der zugehörigen Glieder dar, sowie ω_{so} die Winkelgeschwindigkeit des Gliedes s gegen das festgedachte Glied o der kinematischen Kette.

6. Versteht man allgemein unter ω_{mn} den Drehwinkel des (beweglichen) Gliedes m gegen ein beliebig anderes (vorübergehend fest gedachtes) Glied n und nimmt eine Drehung um den zugehörigen Pol nach rechts herum als positiv, nach links herum negativ, so gelten folgende leicht einzusehende Beziehungen:

$$a) \omega_{mn} = -\omega_{nm},$$

$$b) \omega_{ab} + \omega_{bc} + \omega_{cd} + \dots + \omega_{mn} = \omega_{an}, \text{ woraus}$$

$$c) \omega_{ab} + \omega_{bc} + \omega_{cd} + \dots + \omega_{mn} + \omega_{na} = \sum_a^* \omega = 0.$$

So ist z. B. in Fig. 23 b

$$\omega_{ad} + \omega_{de} + \omega_{ea} = 0$$

oder

$$\omega_{de} + \omega_{ea} = \omega_{da}.$$

Wendet man die letzte Beziehung auf eine zusammenhängende geschlossene Gliedergruppe an, so ergibt sich der Satz: die algebraische Summe der Verdrehungswinkel je zweier anstossenden Glieder einer geschlossenen Gliedergruppe ist gleich Null. Die unter c) angegebene Beziehung ergibt sich auch daraus, dass die Zusammenfassung der Verbindungslinien der Pole $(ab), (bc), (cd), \dots, (mn), (na)$ als ein geschlossenes aber verschiebbares Vielseit aufgefasst werden kann, für welches die algebraische Summe der Aenderungen der Innen- oder Aussenwinkel gleich Null sein muss, da die Summe dieser Winkel unveränderlich ist.

7. Durch die Fig. F' ist die, durch die Ausschaltung des Stabes l bedingte Art der Beweglichkeit des Stabwerkes vollständig bestimmt. Will man z. B. die Verschiebun-

gen nicht in Bezug auf die festgedachte Zeichnungsebene E_o , sondern in Bezug auf den jetzt festgedachten Stab a bestimmen, so denke man sich das verschobene Stabwerk F' mit der Zeichnungsebene um den Pol (oa) derart zurückgedreht, dass die verschobene (nicht gezeichnete) Linie a' wieder mit der ursprünglichen Lage a zusammenfällt, d. h. man drehe F' um (oa) um den Winkel: $-\omega_{ao} = \omega_{oa}$. Das Ergebniss ist das gleiche, als ob man in Fig. F' die mit der Zeichnungsebene festgedachte Nulllinie um (oa) in die Lage a' dreht, so dass die Verschiebungen (Durchbiegungen) und die Verdrehung ω_{ao} von a dann gleich Null werden; d. h.

jede zu F' gehörige Linie m' lässt sich als Nulllinie auffassen für denjenigen Verschiebungszustand, welcher bei Festhalten des Stabes m in der Zeichnungsebene entsteht; hierbei dreht sich also ein beliebiger anderer Stab n um den Pol (mn) um den Winkel (die Winkelgeschwindigkeit) ω_{nm} , welcher aus F' unmittelbar zu entnehmen ist. Die Fig. F' gibt also eine übersichtliche Darstellung sämtlicher möglichen Bewegungszustände der kinematischen Kette. (Vergl. auch §. 24 b, Schluss.)

Für diesen neuen Verschiebungszustand lassen sich nun die senkrechten Verschiebungen in gleicher Weise, wie unter 4) angegeben, finden, indem jetzt nur m' als Nulllinie betrachtet wird. Diese Beziehung gewährt einen kleinen Vortheil bei der Ermittlung der durch die Bewegung erzeugten Aenderung der Entfernung zweier beliebiger Knotenpunkte. Will man z. B. die Aenderung Δl der Entfernung $l = \overline{AB}$ in Fig. 23 a bestimmen, so betrachte man den Stab a vorübergehend als fest und sonach a' für F' als Nulllinie. Der Projektionsstrahl von B in Richtung R schneidet diese Nulllinie a' in B'_a und es ist $\overline{B'_a B'}$ die Verschiebung von B in Richtung R gegenüber dem festgedachten Stabe a ; man drehe diese Verschiebung um B'_a um 90° rechts herum, so dass B' nach B'_a fällt, dann liegt der zu B gehörige Punkt B'_a nach 4) auf dem Projektionsstrahl durch B'_a und dem zu B gehörigen Polstrahl $B - (a b) = b$. Der senkrechte Abstand des Endpunktes B'_a der senkrechten Verschiebung $\overline{B B'_a}$ von $AB = l$ ist gleich Δl , wie nach Fig. 14 folgt, wenn dort die Verschiebung eines der Punkte A und B gleich Null gesetzt wird. Diese Beziehung lässt sich umgekehrt dazu benutzen, gleich diejenigen Verschiebungslinien a' und b' zweier von zwei beliebigen Knotenpunkten A und B ausgehenden Stäbe a, b zu zeichnen, bei denen die Längenänderung Δl der Entfernung $\overline{AB} = l$ eine vorgeschriebene Grösse, z. B. $\Delta l = 1$ beträgt. Der kurzen und übersichtlichen Darstellung wegen schicken wir Folgendes voraus.

Abgekürzte geometrische Bezeichnungsweise.*)

Im Folgenden handelt es sich (mit zwei Ausnahmen) nicht um Längen von Linien, sondern nur um die Richtungen derselben.

*) Die angegebene symbolische Bezeichnungsweise ist aus dem Bestreben entstanden, behufs abgekürzter wörtlicher Darstellung die ein-

Punkte werden durch grosse Buchstaben, Linien durch kleine bezeichnet; l = allgemeine Bezeichnung einer Linie. Die Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente (Punkte oder Linien) zu einem neuen Gebilde werde durch zwischengesetzte wage- oder senkrechte Striche ausgedrückt.

Die Verbindungslinie zweier Punkte A und B werde bezeichnet mit $A-B$ oder $A|B$ (während die Länge gleich \overline{AB} ist). Die Bedingung, dass ein dritter Punkt C auf dieser Geraden l liege, werde dargestellt durch $\overline{A-B-C}^1$ oder $l = A|B|C$.

Der Schnittpunkt zweier Linien a und b werde kurz bezeichnet mit $\frac{a}{b}$ oder $a|b$, je nach der bequemen Schreibweise oder der besseren Deutlichkeit (während der Richtungsunterschied oder Winkel durch \overline{ab} ausgedrückt werden kann). Die Bedingung, dass eine dritte Linie c auch durch den Schnittpunkt $L = a|b$ gehe, werde dargestellt durch $\overline{a|b|c}^L$ oder $L = c|a|b = a|b|c$.

Der Schnittpunkt L zweier Verbindungslinien $A-B$ und $C-D$ wird hienach dargestellt durch $L = \frac{A-B}{C-D}$ oder auch durch $\frac{A|B}{C|D}$.

Die Verbindungslinie l der Schnittpunkte $a|b$ und $c|d$ wird weiter entsprechend dargestellt durch $l = a|b - c|d$ oder $\frac{a}{b} - \frac{c}{d}$ oder $\frac{a|b}{c|d}$.

Diese kurze Bezeichnungsweise erweist sich bei der Polbestimmung von Vortheil; so wird z. B. der unter §. 10, 1b genannte kinematische Satz nach Fig. 15 kurz folgendermaassen dargestellt $(ac) = b|d$ und der unter 2 genannte kinematische Satz kurz mit $\overline{(ab) - (ac) - (bc)}$ oder $\overline{(ab) - (bc) - (ca)}$.

Eine Linie l , welche durch einen Punkt A geht: $\frac{l}{A}$ oder $l|A$, (gelesen: l durch A). — Ein Strahlenbüschel durch A (A fest, l veränderlich): $\frac{l_x}{A}$ oder $l_x|A$. — Ein Punkt A , welcher auf einer Linie (l) liegt: $\frac{A}{l}$ oder $A|l$, (gelesen: A auf l). — Eine Punktreihe auf l (l fest, A veränderlich): $\frac{A_x}{l}$ oder $A_x|l$. — Eine Senkrechte m durch einen Punkt P auf einer Linie l : $m|P \perp l$ oder $\frac{m}{P} \perp l$. — Der senkrechte Abstand eines Punktes P von einer Linie l : $\overline{P \perp l}$. — Eine Parallele m durch einen Punkt P zu einer Linie l : $m|P \parallel l$ oder $\frac{m}{P} \parallel l$. — Ein Projektions-

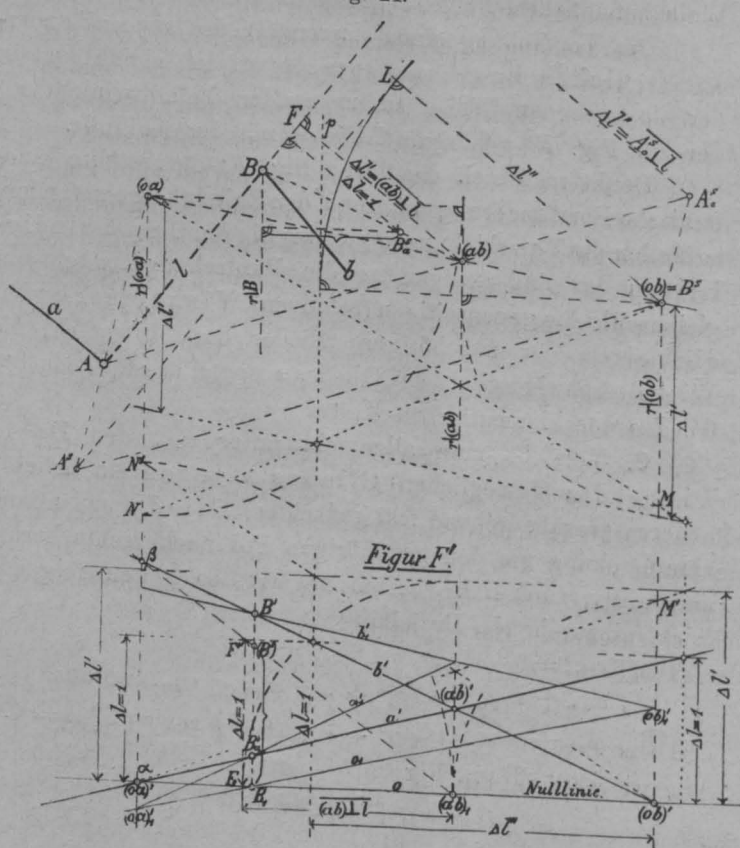
strahl, welcher der gegebenen (Projektions-) Richtung (R) parallel ist, kurz: r .

Nach dieser Zwischenbemerkung fahren wir fort.

Denkt man in Fig. 24 Stab a festgehalten, so dreht sich b um den Pol (ab) ; die senkrechte Verschiebung von B liegt daher auf dem Polstrahl $(ab) - B$. Auf diesem Polstrahl bestimme man den zu B gehörigen Punkt B_a^s (der Fig. F_a^s) nach der Bedingung: $\overline{B_a^s \perp l} = \Delta l = 1$, trage auf dem Projektionsstrahl $r|B$ den senkrechten Abstand $\overline{B_a^s \perp r|B}$ an irgendeiner Stelle auf $r|B$ selbst, gleich $\overline{B' B_a^s}$ (vergl. Fig. 23 a, b), ziehe durch B_a^s und B' zwei Gerade a'_1 und b'_1 , welche sich unter (ab) schneiden, dann ist die zu F_a^s (bei festgehaltener Stützebene E_0 des gegebenen Stabwerkes) gehörige Nulllinie o_1 bestimmt durch die beiden Schnittpunkte:

$$(oa)_1' = \frac{r|(oa)}{a'_1} \text{ und } (ob)_1' = \frac{r|(ob)}{b'_1}.$$

Fig. 24.



Betrachtet man jetzt die beiden Punkte B' und B_a^s als fest und zeichnet für andere angenommene Lagen von $b'|B'$ die zugehörigen Linien $a'|B_a^s$ und die Nulllinien o , so bilden $b'_x|B'$ und $a'_x|B_a^s$ zwei Strahlenbüschel, welche sich auf die gemeinschaftliche Punktreihe $r|(ab)$ stützen und demgemäss perspektivisch liegen; es sind aber auch die durch die genannten Strahlenbüschel gebildeten Punktreihen auf $r|(ob)$ und $r|(oa)$ in perspektivischer Lage, d. h. die Verbindungslinien entsprechender Punkte, das sind die Nulllinien o_x , schneiden sich alle in einem Punkte B_1 , dem Büschelmittelpunkte von o_x und dieser letztere liegt auch auf dem selbstentsprechenden Strahle der beiden Büschel $b'_x|B'$ und $a'_x|B_a^s$, das ist die Linie $B' - B_a^s = r|B$. Daraus folgt:

Sämmtliche zu den veränderlich gedachten Verschiebungslinien b'_x durch B' zugehörigen Nulllinien α_x bilden ein Strahlenbüschel, dessen Mittelpunkt B_1 auf dem Projektionsstrahl $r|B = B' - B'_*$ liegt und demnach durch eine einzige gefundene Nulllinie o bestimmt ist. (Dies folgt auch aus der in §. 19 angegebenen Beziehung 3 b).

Man kann also die zum beweglichen Stabwerk F gehörige Verschiebungsfigur F' unter der Bedingung zeichnen, dass die Längenänderung Δl der Knotenpunkte $A B$ eine vorgeschriebene Grösse, z. B. $\Delta l = 1$ und gleichzeitig die Nulllinie eine gegebene Lage, z. B. die wagrechte, besitze. Das hiebei nöthig werdende Ziehen der ersten Hilfslinien a'_1 und b'_1 lässt sich umgehen, wenn man den von a' und b' auf dem Projektionsstrahl $r|(o a)$ gebildeten Abschnitt ermittelt. Dieser Abschnitt ist die perspektivische Projektion der Strecke $\overline{B' B'_*}$ von einem Punkte der Geraden $r|(a b)$ auf die Gerade $r|(o a)$ und für alle zusammengehörigen Linien $a' b'$ von gleicher Länge. Projiziert man daher die von der gegebenen Nulllinie o aus abgetragene Strecke $\overline{B_1(B')} = \overline{B'_*} \perp r|B [= \overline{B'_* B'}]$ von dem Schnittpunkte $(a b)_1$ der Linie $r|(a b)$ mit der gegebenen Nulllinie o aus auf $r|(o a)$, so gibt diese Projektion $\overline{\alpha \beta}$ in β sofort den Schnittpunkt der gesuchten Verschiebungslinie b' , welche die gegebene Nulllinie o in $(o b)'$ schneidet, wodurch die ganze Fig. F' mit Hilfe der anderen Pole bestimmt ist.

Auf noch etwas einfacherem Wege gelangt man zu dem Punkte β ohne vorherige Ermittlung von B'_* durch folgende Betrachtung. Man halte a fest, dann dreht sich die mit b starr verbunden gedachte (mathematische) Linie $l = AB$ um den Pol $(a b)$ und der Fusspunkt F der von $(a b)$ auf l gefällten Senkrechten in Richtung l (ebenso wie B) um $\Delta l = 1$. Jeder in der Entfernung $\overline{(a b) F} = \overline{(a b) \perp l}$ von $(a b)$ gelegene, zu b gehörige Punkt verschiebt sich also bei der Drehung um $(a b)$ gegen a um $\Delta l = 1$, sonach auch ein in dieser wagrechten Entfernung von $(a b)$ befindlicher Punkt in lothrechter Richtung um $\Delta l = 1$. Trägt man deshalb in der wagrechten Entfernung $\overline{(a b)_1 F_1} = \overline{(a b) F}$ die Ordinate $\Delta l = 1 = \overline{F_1 F'}$ auf, so schneidet die Linie $(a b)_1 F'$ auf dem Projektionsstrahl $r|(o a)$ die gesuchte Ordinate $\overline{\alpha \beta}$ ab, darstellend die lothrechte Verschiebung eines auf diesem Projektionsstrahl gelegenen und zu b gehörig gedachten Punktes gegen den fest gedachten Stab a . Auf ganz entsprechende Weise findet man auch die Ordinate von a' bei $(o b)'$ als Abschnitt, gebildet von der Nulllinie und einer zu $(a b)_1 F'$ in Bezug auf $r|(a b)_1$ symmetrisch gelegenen Linie.

8. Jede Gruppe von beliebig aufeinanderfolgenden Verschiebungslinien lässt sich als Zug-, bezw. Druckvielseit (Seil-, bezw. Stabpolygon) auffassen, für welches die am Schnittpunkt je zweier Seiten m', n' anzubringende Kraft der Richtungslinie R parallel geht und gleich dem Verdrehungswinkel $\omega_{m n}$ ist. Je nachdem man der, einem positiven Verdrehungswinkel $+\omega$ entsprechenden positiven Kraft die gleiche oder entgegengesetzte Richtung von R gibt, entspricht die betrachtete Gruppe der Ver-

schiebungslinien einem Zug- oder Druckvielseit; aber jedesmal hat man dem Pol des zugehörigen Kräftezuges (Kräftepolygons, welches hier in eine gerade Linie $\parallel R$ fällt) eine solche Lage zu geben, dass die angenommene positive Kraftrichtung des Kräftezuges um den zugehörigen Pol links herumdreht, wie die zu Fig. 23 b gezeichneten beiden Kräftepläne zeigen.

Die Verdrehungswinkel ω sind mit Hilfe eines einzigen, aus der angenommenen Verschiebung leicht zu ermittelnden Verdrehungswinkels durch die gegenseitige Lage der Pole auch leicht zu berechnen und können, als parallele Kräfte eines Zug-, bezw. Druckvielseites aufgefasst, nach den hiefür geltenden Gesetzen der Statik zusammengesetzt oder zerlegt werden. Diese eben erwähnten Beziehungen können dann mitunter von Vortheil sein, wenn einige Pole ausserhalb des Zeichenblattes fallen, oder wenn es sich darum handelt, die Ordinaten der Verschiebungslinien nicht aus der Zeichnung abzugreifen, sondern zu berechnen, wobei man wieder auf die grösstentheils bekannten Formeln für die Stabspannungen kommt.

In den Fig. 23 a, 23 b, 23 c ist der Zusammenhang zwischen dem Stabwerk F und den Fig. F^* , F'_* und F' leicht erkennbar; der Stab AB , dessen Spannung gesucht wird, ist ausgeschaltet. Es sind zuerst die Pole $(o a)$, $(o b)$, $(o c) \dots$ ermittelt gedacht und aus diesen die Fig. F' . Aus den Polen $(o a)$ und $(o b)$ zweier von den Endpunkten A und B ausgehenden Stäbe a und b ergeben sich mit Hilfe der Fig. F' nach den unter 4. angegebenen Beziehungen leicht die senkrechten oder auch wirklichen Verschiebungen $\overline{A A^*}$ und $\overline{B B^*}$ bezw. $\overline{A A'}$ und $\overline{B B'}$ und hieraus nach Früherem die Vergrösserung Δl der Entfernung AB . Nach Gleichung 3 ergibt sich dann die gesuchte Stabspannung für äussere, die Richtung R habende Kräfte zu:

$$S = \frac{1}{\Delta l} \sum P_x \delta_x,$$

wobei jetzt δ_x die unter den Kräften P_x in der Richtung R gemessenen Ordinaten der Fig. F' sind. Man kann auch nach Fig. 24 sofort diejenige Fig. F' zeichnen, für welche $\Delta l = 1$ wird, wobei in Gleichung 3 der Nenner Δl wegfällt.

Die in der Fig. F' in der Gesamtheit dargestellten Verschiebungslinien (m') sind nichts weiter als die Einflusslinien für Kräfte parallel R , welche an den zugehörigen Stäben (m) angreifen, und zwar werden die Ordinaten dieser Einflusslinien mit der Längenänderung Δl als Maasseinheit gemessen; dies folgt unmittelbar aus der Form der Gleichung 3.

Nennt man den aufeinanderfolgenden Zug der Verschiebungslinien einer Gurtung eines Fachwerkträgers in senkrechter Richtung kurz: die Biegungslinie dieser Gurtung, so ergibt sich der bereits vorher in anderer Form angeführte Satz:

Die Einflusslinie der Stabspannung eines statisch bestimmten Fachwerks für eine über eine Gurtung wandernde (senkrecht wirkende) Einzellast $P=1$ ist gleich der Biegungslinie dieser Gurtung, welche entsteht, wenn sich der Stab um eine Längeneinheit $\Delta l = 1$ ausdehnt.

Daraus folgt z. B. nach der unter 1 angegebenen Beziehung, dass für die ungünstigste Einstellung einer gegebenen Lastengruppe zur Erzeugung des Grösst- oder Kleinstwerthes der betrachteten Stabspannung jede Belastungsscheide, d. h. der Schnittpunkt einer zur Einflusslinie gehörigen Geraden m' mit der Nulllinie senkrecht unter dem zugehörigen Pol (om) liegt. (Auf Grund der in den vorherigen Sätzen 2, 5 und 8 angegebenen Beziehungen hat der Verfasser bereits in der Anfangs erwähnten Arbeit (1882) die Fig. F' , nämlich die zu einer Figur vereinigten Biegungs- oder Verschiebungslinien der oberen und unteren Gurtung zur Ermittlung der (als Seillinie gezeichneten) Einflusslinien der Stabspannungen für einfache Fachwerke angewendet.)

9. Besondere Punkte von F' . Es ist noch von Interesse diejenigen (wirklichen oder nur gedachten) Punkte von F' zu finden, deren Verschiebung in lothrechter Richtung gleich der Längenänderung Δl ist. Wirkt nämlich nur eine Einzellast P auf den Träger, so folgt aus der Gleichgewichtsbedingung: $S\Delta l = P\delta$ sofort die Beziehung:

Für diejenigen (wirklichen oder nur gedachten) Trägerpunkte, deren lothrechte Verschiebung δ gerade gleich der Längenänderung $\Delta l = \Delta \overline{AB}$ ist (und welche für verschieden angenommene Δl doch eine unveränderliche Lage besitzen, da sich die δ mit den Δl in gleichem Verhältniss ändern) wird die Stabspannung S gleich der dort wirkenden lothrechten Kraft P , d. h. die darunter befindliche Ordinate der zugehörigen Einflusslinie hat eine Grösse gleich der zeichnerischen Darstellung der wandernden Einzellast $P = 1$. Solche Punkte lassen sich namentlich für die an A und B anstossenden Stäbe leicht finden und auch sie dienen nach Ermittlung der einzelnen Pole zur Festlegung der Einflusslinien für die Bedingung $\Delta l = 1$.

Erstes Verfahren, Fig. 24. Denkt man sich Stab a vorübergehend festgehalten, so dreht sich b um den Pol (ab) und man kann $\overline{B(ab)}$ als senkrechte Verschiebung von B auffassen, zu welcher eine Längenänderung von \overline{AB} gleich $\Delta l' = \overline{(ab)} \perp l = \overline{(ab)} F$ gehört. Denkt man sich auch (ob) mit b starr verbunden, so ist $\overline{(ob)} \overline{(ab)}$ die gleichzeitige zugehörige senkrechte Verschiebung von (ob) (weil sich das vorübergehend starr gedachte Dreieck $B(ab)(ob)$ um (ab) dreht). Von diesem Bewegungszustande aus gelangt man nun zu der bedingungsgemässen kinematischen Formänderung des Stabwerkes (mit Erfüllung der Auflagerbedingungen, wobei sich a um (oa) , b um (ob) u. s. w. dreht), indem man das nach der Formänderung in sich starr gedachte Stabwerk um den Pol (oa) so dreht, dass dem verschobenen Pol (ob) die negative senkrechte Verschiebung $\overline{(ab)} \overline{(ob)}$ zu Theil wird, wodurch (ob) wieder in die Anfangslage zurückkommt. Bei dieser Drehung verschieben sich die zu a gehörigen Punkte in lothrechter Richtung um die Ordinaten eines Dreiecks, dessen Grundlinie $(oa) - (ob)$ ist, dessen eine Ecke in (oa) liegt und dessen lothrechte Ordinate bei (ob) : $(ob) M$ gleich der wagrechten Projektion der senkrechten Verschiebung $\overline{(ob)} \overline{(ab)}$ ist. Die-

jenige lothrechte Ordinate dieses Dreiecks, welche gleich der zugehörigen Längenänderung $\Delta l' = \overline{(ab)} F$ ist, gibt die Lage des zu a gehörigen Punktes an, dessen Verschiebung in lothrechter Richtung gleich $\Delta l'$ ist, und welchen man als Schnittpunkt einer zur Grundlinie $(oa) - (ob)$ in der lothrechten Entfernung $\Delta l'$ gezogenen Parallelen mit der Geraden $(oa) M$ findet.

Ganz entsprechend kann man auch den zu b gehörigen Punkt mit gleicher Eigenschaft ermitteln, wobei an Stelle der Linie $(oa) M$ eine andere Linie $(ob) N$ tritt, für welche $\overline{(oa)} N = \overline{(oa)} \perp r \mid \overline{(ab)}$ ist, so dass man beide Verfahren zur Auffindung der oben gesuchten Punkte folgendermassen kurz zusammenfassen kann:

Man zeichne ein Dreieck mit der Grundlinie $(oa) - (ob)$, dessen zweite Seite auf dem lothrechten Projektionsstrahl durch $\left\{ \begin{smallmatrix} (ob) \\ (oa) \end{smallmatrix} \right\}$ gleich dem wagrechten Abstand der Pole $\left\{ \begin{smallmatrix} (ob) - (ab) \\ (oa) - (ab) \end{smallmatrix} \right\}$ ist, dann gibt diejenige lothrechte Ordinate dieses Dreiecks, welche gleich dem senkrechten Abstand $\Delta l' = \overline{(ab)} \perp l = \overline{(ab)} F$ ist, die Lage des zu $\left\{ \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix} \right\}$ gehörigen Punktes, dessen Verschiebung in lothrechter Richtung bei jeder bedingungsgemässen kinematischen Formänderung gleich der dabei eintretenden Längenänderung Δl ist.

Dasselbe Verfahren lässt sich natürlich auch in Fig. F' ausführen, indem man die genannten beiden Dreiecke in lothrechter Richtung so verschiebt, dass die Längen der lothrechten Ordinaten dabei ungeändert bleiben; an Stelle der Linien $(oa)(ob)$, $(oa) M$ und $(ob) N$ treten dann: die Nulllinie $(oa)'(ob)'$, $(oa)' M'$ und $(ob)' N'$, wobei $\overline{(ob)'} M' = \overline{(ob)'} \overline{(ab)'}_1$ und $\overline{(oa)'} N' = \overline{(oa)'} \overline{(ab)'}_1$ ist, und eine in der Entfernung $\Delta l' = \overline{(ab)} \perp l$ zur Nulllinie o gezogene Parallele schneidet die Linien $(oa)' M'$ und $(ob)' N'$ in den gesuchten Punkten.

Ein zweites Verfahren zur leichten Auffindung dieser besonderen Punkte ergibt sich, wenn man sofort die gleichzeitige Drehung des Stabes a um Pol (oa) und des Stabes b um Pol (ob) betrachtet und zwei zusammengehörige senkrechte Verschiebungen von A und B ermittelt. Die Auffindung derselben wird vereinfacht, wenn man die senkrechten Verschiebungen der zu b gehörigen (d. h. mit b vorübergehend starr verbunden gedachten) Punkte, welche auf den Polstrahlen nach dem Pole (ob) liegen, unmittelbar durch die Längen dieser Polstrahlen darstellt, d. h. den Punkten B und (ab) senkrechte Verschiebungen $\overline{B(ob)}$, bzw. $\overline{(ab)} \overline{(ob)}$ beilegt, wobei also $B^* = (ab)^* = (ob)$ ist; dann ergibt sich der zu A gehörige Punkt

$$A^* = \frac{(oa) - A}{l \mid (ab)^* \parallel (ab) A} = \frac{(oa) - A}{l \mid (ob) \parallel (ab) A}$$

und die eintretende Längenänderung $\Delta l'' = \Delta \overline{AB}$ ist die Projektion der Strecke $\overline{A^* B^*} = \overline{A^* (ob)}$ auf eine Richtung $\perp l$, also $\Delta l'' = \overline{(ob)} L$. Für alle zu b gehörigen Punkte, welche auf einer zu b gehörigen Lothrechten p im Abstände $\Delta l''$ von (ob) liegen ist die wagrechte Projektion der senkrechten Verschiebungen, d. h. die Verschiebung in lothrechter Richtung gleich $\Delta l''$ und daher die darunter befindliche

Ordinate des Theiles b' der Einflusslinie für die Bedingung $\Delta l = 1$ auch gleich $\Delta l = 1$.

Auf noch andere Weise gelangt man zu demselben Ergebniss, wenn man (ob) als Pol O für eine Polfigur F_o^s betrachtet und $\overline{(ob)B}$, sowie $\overline{(ob)(ab)}$ als senkrechte Verschiebung von B bzw. (ab) auffasst. Dann ergibt sich der zu A gehörige Punkt

$$A_o^s = \frac{l|(ab) \parallel (ab)A}{l|(ob) \parallel (oa)A} = \frac{(ab - A)}{l|(ob) \parallel (oa)A}$$

denn (ab) kann als vorübergehend gemeinsam gedachter Gelenkpunkt von a und b angesehen werden. Die erzeugte Längenänderung von \overline{AB} ist dann die Projektion von $\overline{A_o^s B_o^s} = \overline{A_o^s B}$ auf eine Richtung $\perp l$, d. h.: $\Delta l' = \overline{A_o^s} \perp l$, welche Strecke in Fig. F' von $(ob)'$ aus auf der (wagrecht) Nulllinie abgetragen, den Ort des zu b gehörigen Punktes gibt, dessen lothrechte Verschiebung gleich der jedesmal zugehörigen Längenänderung $\Delta \overline{AB} = \Delta l$ ist.

Das Ergebniss dieser Betrachtungen ist demnach folgendes: Nach Ermittlung der Pole lässt sich in verschiedener Weise die Verschiebungsfigur F' bei einer gegebenen Nulllinie und der Bedingung $\Delta l = 1$ festlegen, entweder durch Ermittlung der von a' und b' auf den Projektionsstrahlen $r|(oa)'$ und $r|(ob)'$ gebildeten Abschnitte $\alpha\beta$ mit Hilfe der Strecke $\Delta l' = \overline{(ab) \perp l}$ (vergl. Nr. 7, S. 29), oder durch Auffindung der hier unter Nr. 9 erwähnten besonderen Punkte, deren Ordinaten unmittelbar die Grösse $\Delta l = 1$ besitzen, durch zwei Hilfslinien $(oa)'M'$ und $(ob)'N'$ und die Strecke $\Delta l' = \overline{(ab) \perp l}$ bzw. durch Ermittlung der Strecke $\Delta l' = \overline{A_o^s} \perp l$, wie angegeben.

10. Da durch die Fig. F' und die Lage der Bewegungspole (os) der ganze Verschiebungszustand des beweglichen Stabwerkes vollkommen bestimmt ist, so ist klar, dass man durch F' und die Lage der Pole (os) die gesuchte Stabspannung nicht nur für Kräfte parallel der Richtung R , sondern sogar für ganz beliebig gerichtete Kräfte leicht ermitteln kann, so dass die ursprüngliche Beschränkung bei Angabe des fünften Verfahrens in Wirklichkeit keine Beschränkung ist, und sich dieses zuletzt erwähnte einfache Verfahren demnach für die wirklichen Anwendungen in allen denjenigen meist vorkommenden Fällen empfiehlt, wo das Fachwerk nach Ausschaltung des betrachteten Stabes nur eine geringe Anzahl gegenseitig beweglicher Glieder besitzt (da sich die Polbestimmung dann sehr einfach gestaltet) umso mehr, als in Wirklichkeit fast alle äusseren veränderlichen Kräfte senkrecht wirkende Lasten sind und hauptsächlich nur bei Dächern geneigte Kräfte (nämlich der Winddruck) auftreten.

Ist in Fig. 23 a die Verschiebungsfigur F' für die Lothrichtung (R) und die Bedingung $\Delta l = 1$ gezeichnet und wirkt auf den Stab e bei Y die Kraft P unter dem Winkel φ gegen die Lothrichtung, so ergibt sich die erzeugte Stabspannung S nach Früherem zu: $S = P\delta^p$, wobei δ^p die Projektion der wirklichen Verschiebung des Kraftangriffspunktes auf die Kraftrichtung ist. Als Angriffspunkt wählt man hiebei zweckmässig den Schnittpunkt W der Kraftrichtung mit der durch (oe) gezogenen Wagrechten,

welche man mit e starr verbunden denkt. Die wirkliche Verschiebung dieses Punktes W ist nämlich lothrecht und gleich der darunter befindlichen Ordinate δ_w der Biegelinie; daher ergibt sich:

$$S = P\delta_w \cos \varphi = P\delta^p.$$

Noch einfacher erhält man δ^p als Ordinate der Einflusslinie e' unter dem Punkte L' , welcher von (oe) einen wagrechten Abstand $\overline{(oe)L'} = \overline{(oe)L} = \overline{(oe) \perp P}$ besitzt; denn die Verschiebung des zu e gehörig gedachten Punktes L ist gleich δ^p und gleich der Verschiebung aller Punkte, welche auf einem mit $\overline{(oe)L}$ um (oe) geschlagenen, zu e gehörigen Kreise liegen, also auch gleich der lothrechten Verschiebung von L' , welche durch die darunter befindliche Ordinate von e' dargestellt wird. Man erkennt hienach:

Die Einflusslinien (Biegelinien in lothrechter Richtung) liefern nicht nur für lothrecht wirkende Lasten, sondern in Verbindung mit den Polen (os) auch für beliebig gerichtete Kräfte sofort die erzeugte Stabspannung.

Dieselbe Beziehung gilt natürlich für alle (in Abschnitt A erwähnten) Arten von Einflusslinien der statischen Wirkungen W_s , da sich nach Herstellung der kinematischen Formänderung w_s jedes starre Trägerstück oder Glied s um den zugehörigen Pol (os) dreht.

Die erwähnten Biegelinien lassen sich auch vorthellhaft für die Einflusslinien statisch unbestimmter Träger verwenden, was später gezeigt werden soll; man hat dann nämlich nur noch den Einfluss der für statisch unbestimmte Träger überzähligen Starrheitsbedingungen zu berücksichtigen.

Wir wollen an einigen einfachen Beispielen die grosse Einfachheit und Allgemeinheit bei der Anwendung der verschiedenen angegebenen Verfahren zeigen.

Diese Verfahren bestehen zum Theil zunächst in der Polbestimmung des beweglichen Stabwerkes (nach Wegnahme des betrachteten Stabes) mit Berücksichtigung der Auflagerbedingungen.

§. 20. Allgemeines Verfahren der Polbestimmung.

Das Verfahren der Bestimmung des Poles (mn) zweier beliebigen Stäbe m und n , welche nicht unmittelbar durch ein Gelenk verbunden sind (in welchem Falle der Gelenkpunkt selbst der Pol wäre), gründet sich auf den früher erwähnten kinematischen Satz, nach welchem die drei Pole je dreier beliebigen Stäbe auf einer geraden Linie liegen. Setzt man demnach die beiden Stäbe m und n zweimal mit je einem dritten Stabe in Beziehung, also einmal mit einem Stabe p und das andere Mal mit einem Stabe q , so muss der gesuchte Pol (mn) sowohl auf der Verbindungsgeraden der Pole $(mp) - (pn)$, als auch auf der Verbindungsgeraden der Pole $(mq) - (qn)$ liegen, das heisst es ist (mn) der Schnittpunkt der beiden Verbindungslinien; daher die allgemeine Formel der Polbestimmung:

$$(mn) = \frac{(mp) - (pn)}{(mq) - (qn)}.$$

Fallen die beiden Verbindungslinien zusammen, so ist der eine der beiden Vermittlungstäbe zur Polbestimmung unbrauchbar und man hat an dessen Stelle einen anderen zu suchen.

Diese Vermittlungsstäbe p und q zur Polbestimmung wählt man zweckmässig derart, dass sie die Stäbe m und n möglichst unmittelbar verbinden oder mit denselben Gelenkvierecke bilden, für welche die Polbestimmung nach Früherem äusserst einfach ist. Ergeben sich die auf der rechten Seite der Formel für die Polbestimmung befindlichen Pole nicht so einfach (was im Allgemeinen nur selten vorkommt), dann muss man diese Pole wieder mit einer solchen Formel bestimmen und andere Vermittlungsstäbe zu Hilfe nehmen. Verwickelte Fälle sind in der angegebenen Abhandlung von Burmester gelöst, kommen aber bei wirklichen Anwendungen bei Trägern kaum vor.

Beispiele.

§. 21. **Beispiel I.** Gegeben ein statisch bestimmter Fachwerkträger (Fig. 25 a) mit einem festen Auflager A und einem auf einer schrägen Gleitbahn g verschiebbaren Auflager B . Gesucht die Verschiebungsfigur (oder

Fig. 25 a.

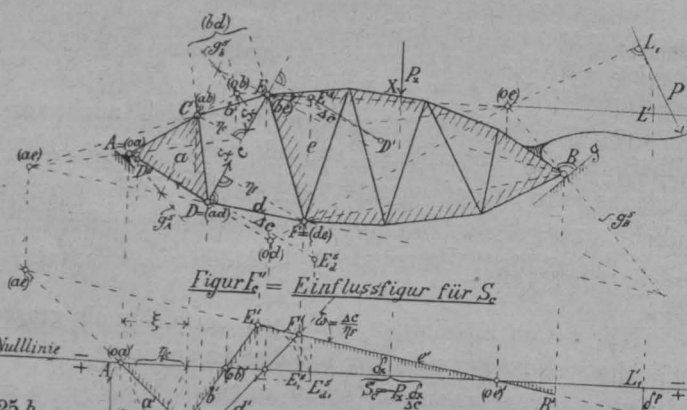


Fig. 25 b.

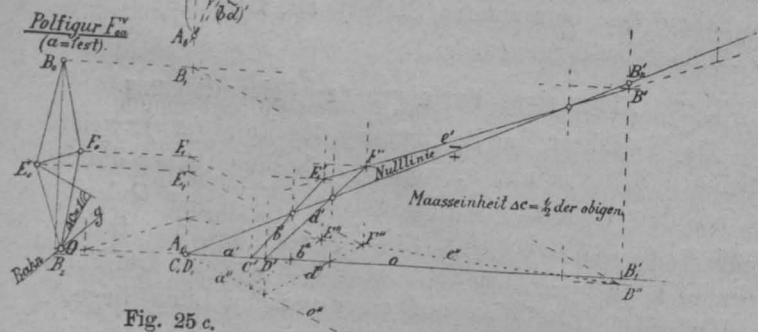


Fig. 25 c.

Einflussfigur) F' , welche zur Ermittlung der Spannung der Diagonale c für senkrecht wirkende Lasten dient. (Die Ermittlung der Verschiebungsfiguren F' für Gurtstäbe ist ganz entsprechend und noch einfacher, so dass wir auf dieselbe hier nicht weiter eingehen.)

a) Anwendung des fünften Verfahrens. Man schalte den Zwischenstab c aus; dann ist die erste Frage: Gibt es bei dem so entstandenen beweglichen Stabwerk starre Stabgruppen? Diese Frage ist allgemein in dem früheren Aufsatz: „Ueber die statische und geometrische Bestimmtheit der Träger, insbesondere der Fachwerkträger“ im „Centralblatt der Bauverwaltung“, 1887, S. 363, gelöst. Man erkennt in dem vor-

liegenden Beispiele leicht, dass alle diejenigen Stäbe eine starre Gruppe oder ein „Glieder“ bilden, welche in der Figur den schraffierten Flächen angehören; demgemäss wurden die einzelnen starren Glieder bezeichnet mit a, b, d, e . Bei der Bewegung muss nun der Auflagerpunkt A fest bleiben, während B sich auf der Gleitbahn g verschieben kann. Gesucht sind die Pole $(oa), (ob) \dots$ der einzelnen starren Glieder gegen die Zeichnungs- oder feste Stützebene E_0 . Es ist $(oa) = A$, weil sich Glied a um den in E_0 festen Punkt A dreht. Weiter sind unmittelbar gegeben die Pole $(ab), (ad), (be), (de)$ durch die gemeinsamen Gelenkpunkte je zweier Glieder. Für Glied e ist die Bedingung gegeben, dass sich der Punkt B auf der gegebenen Auflagerbahn g bewegen muss; deshalb liegt der Pol (oe) auf einer Senkrechten zur Auflagerbahn g durch B ; er muss aber auch andererseits nach dem in §. 10 unter 2 genannten kinematischen Satze auf der Verbindungslinie der Pole (oa) und (ae) liegen, d. h. es ist (oe) der Schnittpunkt der beiden Linien oder nach der früher angegebenen Bezeichnungsweise:

$$(oe) = \frac{l | B \perp g}{(oa) - (ae)}.$$

Die Glieder a, b, d, e bilden aber ein Gelenkviereck und deshalb ist: $(ae) = b | d$; daher ergibt sich:

$$(oe) = \frac{l | B \perp g}{A - b | d}.$$

Fällt $(ae) = b | d$ ausserhalb des Zeichenblattes, so ist die bekannte Hilfsaufgabe zu lösen: Durch A eine Linie zu ziehen, welche durch den nicht gezeichneten Schnittpunkt der Geraden b und d geht. Man zeichne zwischen den Geraden b und d zwei ähnlich liegende Dreiecke mit parallelen Seiten, von denen je zwei Ecken auf b und d liegen und die dritte Ecke des einen Dreiecks mit A zusammenfällt; dann gibt die zu A entsprechende Ecke des anderen Dreiecks einen zweiten Punkt der gesuchten Geraden.

Ist so der Pol (oe) bestimmt, so ergeben sich nach der allgemeinen Formel für die Polbestimmung weiter die Pole:

$$(ob) = \frac{(oa) - (ab)}{(oe) - (eb)}; \quad (od) = \frac{(oa) - (ad)}{(oe) - (ed)}.$$

Verallgemeinerung der Culmann'schen Ermittlung der Belastungsscheiden (ob) und (od) .

Auch auf nachfolgende Weise gelangt man ohne Ermittlung des Poles (ae) zur Auffindung des Poles (ob) , d. h. der Belastungsscheide für b . Ein Strahlenbüschel $l_x | (ae)$ erzeugt auf den beiden Parallelen $l | A \perp g = g_A^a$ und $l | B \perp g = g_B^a$ zwei perspektivische Punktreihen $A_x | g_A^a$ und $B_x | g_B^a$. Stützt man auf dieselben zwei weitere Strahlenbüschel $l_x | C$ und $l_x | E$, so schneiden sich entsprechende Strahlen auf einer neuen Punktreihe $g_b^a \parallel g_B^a$, welche demnach durch einen Punkt bestimmt ist und auf welcher auch der gesuchte Pol (ob) liegen muss [weil $(ae) - (oe)$ ein Strahl des ersten Büschels $l_x | (ae)$ ist]. Diesen einen Punkt von g_b^a erhält man am einfachsten als Schnittpunkt der zu $d = l_x | (ae)$ gehörigen beiden entsprechenden Strahlen der beiden anderen Büschel, wie in Fig. 25 a gezeichnet. Dann ist

$$(ob) = \frac{g_b^a}{(oa) - (ab)} = \frac{g_b^a}{A - C}.$$

In entsprechender Weise findet man (od) ; an Stelle des Strahles $(Stabes) d$ und der beiden Büschel durch C und E treten dann der Strahl b und die beiden Büschel durch D und F .

In dem besonderen Falle einer wagrechten Gleitbahn g bei B geht die hier gegebene Ermittlung von (ob) , bzw. (od) in das von Culmann zuerst angegebene Verfahren zur Ermittlung der Belastungsscheide für Diagonalen einfacher Balkenfachwerke über.

Projiziert man jetzt die Pole $(oa), (ob), (od), (oe)$ in senkrechter Richtung auf eine darunter gezeichnete Null-

linie, so sind durch Annahme einer einzigen Verschiebungslinie alle übrigen durch diese Pole, sowie die Projektionsstrahlen der anderen Pole eindeutig bestimmt, wie man aus der Figur ersieht, wobei sich noch eine Zeichnungskontrolle ergibt.

Von der so erhaltenen Fig. $F' = a', b', d', e'$ bilden die Linien a', b', e' , bzw. a', d', e' die Biegungslinien der oberen, bzw. unteren Gurtung und sind gleichzeitig die Einflusslinien für senkrechte Kräfte, welche an der oberen, bzw. unteren Gurtung angreifen. (Die Einflusslinien für senkrechte Kräfte am Obergurt sind durch Strichelung hervorgehoben.) Ueberhaupt ist jede Verschiebungslinie eines Gliedes die Einflusslinie für Kräfte, welche an diesem Gliede angreifen; auf die Form des Gliedes kommt es dabei gar nicht an. Ist z. B. an einem, zu dem starren Gliede e gehörigen Stabe eine beliebige starre Verbindung angebracht, wie gezeichnet, an welcher Kräfte angreifen, so fällt die Einflusslinie für die hinzugefügte starre Verbindung mit der Einflusslinie e' , bzw. deren Verlängerung über das Auflager hinaus, zusammen. In der Fig. 25b ist die zu einer beliebig gerichteten Kraft P gehörige Verschiebung δ^p in Richtung von P mit Hilfe der Einflusslinie e' und des Poles (oe) durch die Ordinate von e' in dem wagrechten Abstand $(oe) \perp P = (oe) \overline{L_1}$ von $(oe)'$ dargestellt (vergleiche Fig. 23a, b), wonach eine Stabspannung entsteht von $S_e = P \frac{\delta^p}{\Delta c}$.

Maasseinheit für die Ordinaten der Einflussfigur F' ist die aus derselben (als Verschiebungsfigur) sich ergebende Längenänderung Δc der Diagonale c , welche leicht zu finden und in der Fig. 25a einerseits aus den senkrechten Verschiebungen $\overline{DD^s}$ und $\overline{EE^s}$ nach Fig. 14 oder 23a ($\overline{E^s D^s} \parallel \overline{D^s D}$; $\Delta c = \overline{D^s} \perp c$) und andererseits auch aus dem Endpunkte E_d^s der senkrechten Verschiebung $\overline{EE_d^s}$ bei festgehalten gedachtem Stabe d nach dem unter 7 angegebenen Verfahren ermittelt ist ($E_d^s = \frac{EF}{r \mid E_d^s}$; $\Delta c = \overline{E_d^s} \perp c$).

Diese Maasseinheit Δc kann auch unmittelbar als zeichnerische Darstellung der Krafteinheit für die Lasten und deren bewirkte Stabspannung S_e aufgefasst werden.

Will man die Einflussfigur unter der Bedingung $\Delta c = 1$ zeichnen, so geschieht dies hier am einfachsten mit Hilfe der von a' und b' oder von d' und e' gebildeten Knickwinkel. Bezeichnet man die Hebelsarme von S_e in Bezug auf C , bzw. F mit $\eta_C = \overline{C} \perp c$, bzw. $\eta_F = \overline{F} \perp c$, so kann man sich die Längenänderung $\Delta c = 1$ an dem Fusspunkte je einer dieser beiden Senkrechten unmittelbar wirkend denken, woraus die Grösse der bei der Formänderung entstehenden Knickwinkel folgt zu:

$$\angle a' b' = \omega_{ab} = \frac{\Delta c}{\eta_C} = \frac{1}{\eta_C} \text{ und } \angle d' e' = \omega_{de} = -\frac{\Delta c}{\eta_F} = -\frac{1}{\eta_F}.$$

(In Fig. 25b sind nur die absoluten Werthe eingetragen.)

Hienach ergibt sich die Ordinate von b' bei $(oa)'$: $\overline{A_1 A_b} = \xi \omega_{ab} = \xi \frac{\Delta c}{\eta_C} = \xi \frac{1}{\eta_C}$, welche Ordinate in Fig. 25b in einfacher Weise zeichnerisch ermittelt ist. Ganz ent-

sprechend ergibt sich auch die Ordinate von d' bei $(oe)'$. (Man vergleiche hiermit in §. 19, 7 (Schluss) und Fig. 24 die entsprechende und nur auf eine andere Weise abgeleitete Ermittlung der Ordinate $\overline{\alpha \beta}$ aus dem Hebelsarm $(\alpha b) \perp l$; um Fig. 25b nicht mit Linien zu überladen, wurde die in Fig. 25a ermittelte Grösse von Δc als Längeneinheit $\Delta c = 1$ angenommen.)

b) Anwendung des zweiten Verfahrens (ohne Polbestimmung). Nach Ausschaltung des Stabes c halte man das bewegliche Stabwerk F an dem Gliede a fest, wobei die Verschiebung des Auflagerpunktes A gleich Null wird und zeichne eine der Fig. F_o^s oder F_o^v ; in der Fig. 25c ist F_o^v unter gleichzeitiger Erfüllung der Bedingung $\Delta c = 1$ wie folgt ermittelt. Vom angenommenen Pole O trage man die Verlängerung $\Delta c = 1$ nach Grösse und Richtung auf,*) bestimme auf dem Polstrahl durch $O \perp b$ den Punkt E_o , so dass die Projektion von $\overline{OE_o}$ auf die Stabrichtung c gleich $\Delta c = 1$ ist, bestimme weiter den zu Knotenpunkt F entsprechenden Punkt F_o durch die Beziehung: $F_o = \frac{l \mid O \perp DF}{l \mid E_o \perp EF}$ (wobei l hier das allgemeine Zeichen einer „Linie“ ist), und den zu B entsprechenden Punkt $B_o = \frac{l \mid E_o \perp EB}{l \mid F_o \perp FB}$, dann ist $\overline{OB_o}$ die wirkliche Verschiebung von B nach Grösse und Richtung.

Zieht man daher durch Pol O eine Grund- oder Nulllinie o , so bestimmen die Schnittpunkte der Projektionsstrahlen je zweier entsprechenden Punkte des Stabwerkes F in der lothrechten Richtung (r) und von F_o^v in der Richtung o Punkte E', F', B' , deren Ordinaten in lothrechter Richtung, von o aus gemessen, die Verschiebungen der zu F gehörigen Knotenpunkte E, F, B in lothrechter Richtung angeben; diese Verschiebungen erfolgen demnach in dem Beispiele nach aufwärts. Das verschobene Stabwerk F^v muss jetzt um den festen Auflagerpunkt A so gedreht werden, dass B^v wieder auf die Auflagerbahn gelangt und nach B_z zu liegen kommt (vergl. Fig. 20); dieser Punkt B_z ergibt sich aus: $B_z = \frac{l \mid O \parallel \text{Bahn } g}{l \mid B_o \perp AB}$, so dass $\overline{OB_z}$ die wirkliche Schlussverschiebung von B darstellt. Durch diese Drehung von F^v um A senken sich alle zu F^v gehörigen Knotenpunkte um Grössen, welche durch die Ordinaten eines Dreiecks dargestellt werden, dessen einer Eckpunkt in A_1 liegt und dessen A_1 gegenüberliegende Seite auf dem senkrechten Projektionsstrahl durch B , vom Schnittpunkt mit o aus gemessen, die Grösse $\overline{B'_1 B'_z} = \overline{B_o B_z}$ besitzt. Das Ergebniss der lothrechten Schlussverschiebungen wird also durch den Unterschied der zweiten Verschiebungsfläche (gebildet aus o und der Linie $A_1 B'_z$) von der ersten Verschiebungsfläche (gebildet aus o und $A_1 C' E' B'$, bzw. $A_1' D' F' B'$) dargestellt, d. h. durch die Drehung von F^v um A nach rechts dreht sich gleichzeitig die Nulllinie o um A_1 nach links, bis sie in die Lage $A_1 B'_z$ gelangt, welche Gerade demnach die Nulllinie für die Schlussverschiebungen in loth-

*) In Fig. 25c ist $\Delta c = 1$, um an Raum zu sparen, gleich der Hälfte von Δc in Fig. 25a angenommen.

rechter Richtung darstellt. Es sind hienach $A_1 C' E' B'$, beziehungsweise $A_1 D' F' B'$, die Einflusslinien für senkrecht wirkende Kräfte am Obergurt, bzw. Untergurt des gegebenen Fachwerkes, deren Ordinaten in senkrechter Richtung durch die Grösse $\Delta c = 1$ als zeichnerische Darstellung der Krafteinheit gemessen werden. Auf die verschiedenen, durch die Polbestimmung sich ergebenden Zeichnungskontrollen, welche in der Figur angedeutet sind, gehen wir hier nicht weiter ein.

Will man die Nulllinie in wagrechter Lage haben, so projiziere man die Punkte von F_o^v zuerst in wagrechter Richtung auf den lothrechten Projektionsstrahl $r|A$ nach $B_1 E_1 F_1$ und B_2 auf $r|B$ nach B'' und projiziere weiter die ersten Projektionen in Richtung $B_1 B''$ auf die lothrechten Strahlen durch die entsprechenden Punkte der oberen Fig. F , so geben diese letzten Projektionen die Punkte $C'' D'' E'' F''$ der gesuchten Einflussfigur mit wagrechter Nulllinie $A_1 B_1$. Denn die von A_1 aus gemessenen Abstände der Punkte $B_1 E_1 F_1$ geben die lothrechten Verschiebungen der entsprechenden Punkte von F bei festgehaltenem Gliede a an und sind (durch die Projektion in Richtung $B_1 B''$) gleich den lothrechten Abständen der Punkte $B'' E'' F''$ von der als erste Nulllinie aufgefassten Geraden $o'' = a'' = l|A_1 B_1 B''$. Durch die Drehung von F^v um A dreht sich dann die erste Nulllinie o'' um A_1 in die wagrechte Lage $o = A_1 B_1$. (Vergl. auch die in §. 19, 3b erwähnte Beziehung der Affinität zweier Fig. F^v mit verschiedenen Nulllinien.)

§. 22. **Beispiel 2.** Für den in Fig. 26a dargestellten Bogenfachwerksträger mit drei Hauptgelenken A, B, C soll die Einflusslinie für den Untergurtstab $DF = l$ ermittelt werden für senkrechte, unmittelbar auf den Obergurt wirkende Lasten.

Nach Ausschaltung von $l = DF$ geht das starre Fachwerk in eine bewegliche Verbindung einzelner, je eine starre Stabgruppe bildender Glieder a, b, c über, und zwar ist die Art der Beweglichkeit genau so wie bei einem Gelenkviereck mit den Stäben $\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CE}, \overline{EA}$, da die Auflagerpunkte A und B gegenseitig in unveränderlicher Lage sind; die feste Stützebene E_o , sowie die angegebenen Glieder a, b, c können also durch die starr gedachten Stäbe $\overline{AB} = o, \overline{AE} = a, \overline{EC} = b$ und $\overline{CB} = c$ ersetzt werden.

a) Anwendung des fünften Verfahrens. Durch die Anordnung sind gegeben die Pole: $(oa) = A, (oc) = B, (ab) = E$ und $(bc) = C$; demnach ergibt sich wie bei einem Gelenkviereck der Pol $(ob) = a|c = AE|BC$. Durch diese Pole ist nach Annahme einer beliebigen Verschiebungslinie die Verschiebungsfigur F^v und hieraus Δl nach Früherem eindeutig bestimmt.

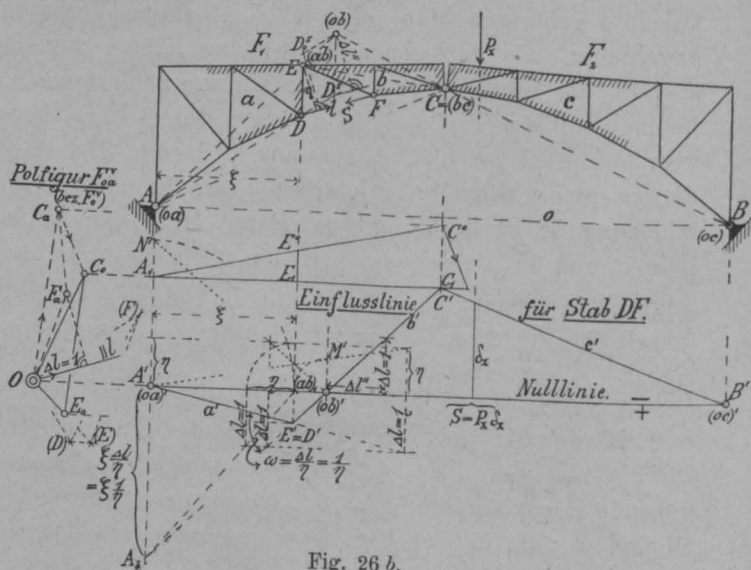
Will man die Verschiebungsfigur F^v gleich unter Erfüllung der Bedingung $\Delta l = 1$ zeichnen, so verfähre man nach Fig. 24, indem man den zu b' gehörigen besonderen Punkt, dessen Ordinate gleich der jedesmaligen Längenänderung Δl ist, nach einem der unter 9 angegebenen Verfahren bestimmt. In Fig. 26a ist das dort angegebene zweite Verfahren benutzt; Pol (ob) ist als Endpunkt aller zu b gehörigen senkrechten Verschiebungen für eine Fig. F^s betrachtet und der zu D entsprechende Punkt D^s durch Ver-

mittlung von E und (oa) gefunden: $D^s = \frac{l|(ob)||ED}{(oa) - D}$; dann ist die zugehörige Längenänderung $\Delta l''$ von $l = \overline{FD}$ gleich der Projektion von $\overline{F^s D^s} \equiv (ob) D^s$ auf eine Richtung $\perp FD$, wie gezeichnet. Andererseits erhält man auch $\Delta l''$ durch Zeichnung einer Polfigur F_o^s mit dem Pol $o \equiv (ob)$, deren Polstrahlen nach b auch die zugehörigen senkrechten Verschiebungen darstellen; es ist dann

$$F_o^s \equiv F, D_o^s = \frac{E - D}{l|(ob)||AD} \text{ und } \Delta l'' = \overline{D_o^s} \perp l.$$

Gibt man deshalb der zu b' gehörigen Ordinate in der wagrechten Entfernung $\Delta l''$ von $(ob)'$ die Grösse $\Delta l = 1$, so ist die bedingungsgemässe Einflusslinie für $\Delta l = 1$ festgelegt.

Fig. 26 a.



dem Endpunkte der in der wagrechten Entfernung η von $(a b)_1$ errichteten Ordinate $\Delta l = 1$ verbindet), woraus mit Zuhilfenahme des Poles (ob) die Einflussfigur F' sofort bestimmt ist.

Würde man den Verdrehungswinkel ω_{ab} nicht gleich $\frac{1}{\eta}$, sondern der Einfachheit wegen $= 1$ annehmen, also um das η fache zu gross, so erhielte man anstatt der Einflusslinie der Stabspannung S von DF die Einflusslinie des Biegemomentes M um E , da $M = S \cdot \eta$ ist; dann hat man einfach $\overline{A' A_b} = \xi$ zu machen, um mit Hilfe des Poles (ob) sofort die gesuchte Einflusslinie zu erhalten, deren Ordinaten nur mit η als Einheit gemessen werden müssen, um die Stabspannung S zu erhalten. (Vergleiche §. 6, 2.)

Ähnlich lassen sich auch leicht die Winkeländerungen berechnen, wenn sich eine Diagonale um $\Delta l = 1$ verlängert, um dann auch in ähnlicher Weise zur Ermittlung der Einflussfigur F' zu gelangen, worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll. *)

c) Anwendung des zweiten Verfahrens. Das gegebene Fachwerk besteht aus zwei starren Stabgruppen F_1 und F_2 . Man halte das zu F_1 gehörige Glied a fest und zeichne die Fig. F_o^\vee für F_1 (Fig. 26b) unter der Bedingung $\Delta l = 1$, ganz ähnlich wie bei dem vorigen Beispiele, indem man zunächst $\overline{O F_a} \perp EF$ und so lang macht, dass die Projektion auf die Richtung l gleich $\Delta l = 1$ ist; dann ergibt sich: $C_a = \frac{l | O \perp EC}{l | F_a \perp FC}$ (l ist hier wieder allgemeines Zeichen der „Linie“).

Es ist demnach $\overline{O C_a}$ die wirkliche Verschiebung des Mittelgelenkes C bei festgehaltenem Gliede a und der Bedingung $\Delta l = 1$. Hierbei ist aber der Zusammenhang mit dem rechten Theile F_2 des Bogenträgers gelöst. Da sich dieser Theil um das feste Auflager B dreht, kann sich C , zu F_2 gehörig, nur in einer Richtung $\perp CB$ und, zu F_1 gehörig, nur in einer Richtung $\perp CA$ bewegen; daher erhält man den wirklichen Verschiebungsendpunkt C_o von C , das heisst die Schlussverschiebung OC_o für F_o^\vee durch

$$C_o = \frac{l | O \perp BC}{l | C_a \perp AC}.$$

Durch die hiebei erfolgte Drehung von F_1^\vee um A verschieben sich die Punkte von a in der senkrechten Richtung (r) um Strecken, welche als Ordinaten eines Dreiecks $A_1 C_1 C_o$ dargestellt werden, dessen Höhe $\overline{C_1 C_o}$ gleich der senkrechten Projektion der zweiten Verschiebung $\overline{C_a C_o}$ ist, wie die Fig. 26b zeigt, in welcher $C_1 = C'$ ist; aus diesem Dreieck ist auch die senkrechte Verschiebung $\overline{E_o E_1}$ der Punkte E und F zu entnehmen und von der durch O gezeichneten wagrechten Nulllinie o nach abwärts zu tragen, wodurch die Einflussfigur F' bestimmt ist. Auch aus der gefundenen Schlussverschiebung OC_o kann man durch Vervollständigung der Polfigur F_o^\vee den zu E entsprechenden Punkt $E_o = \frac{l | O \perp AE}{l | C_o \perp CE}$ finden und auf $r | E$ nach E' wagrecht herüberprojizieren.

*) Dieses Beispiel findet man in dem erwähnten Aufsätze der „Schweiz. Bauzeitung“, 1887, Bd. X, pag. 160.

d) Anwendung des vierten Verfahrens. Auch dieses Verfahren möge an dem vorliegenden Beispiele an Fig. 26b durchgeführt werden. Man zeichne nach Annahme eines Poles O eine Fig. F_o^\vee mit Berücksichtigung der Auflagerbedingungen, d. h. also mit Zuhilfenahme der Bewegungspole $(oa) = A$, (ob) , $(oc) = B$ und gleichzeitiger Erfüllung der Bedingung $\Delta l = 1$, wie folgt. Ermittle zunächst zwei beliebige, aber zusammengehörige Verschiebungen der Endpunkte D und F von l , indem man $l | O \perp AD$ zieht, hierauf eine beliebige wirkliche Verschiebung $\overline{O(D)}$ annimmt, dann ergeben sich die entsprechenden Punkte $(E)(F)$ zu E und F folgendermaassen:

$$(E) = \frac{l | O \perp AE}{l | (D) \perp DE}; (F) = \frac{l | O \perp (ob) F}{l | (E) \perp EF};$$

dann ist $\overline{(D)(F)}$ die Schlussverschiebung von F gegen den vorübergehend festgedachten Punkt D . Diejenige zwischen den Strahlen $O(D)$ und $O(F)$ befindliche Strecke $\overline{D_o F_o} \parallel (D)(F)$, deren Projektion auf eine Richtung $\parallel l = DF$ gleich $\Delta l = 1$ ist (und welche nach Fig. 22b leicht gefunden werden kann) bestimmt die gesuchten Punkte $D_o F_o$ von F_o^\vee (für die Bedingung $\Delta l = 1$ und Erfüllung der Auflagerbedingungen), durch welche diese Polfigur vervollständigt werden kann.

Zieht man durch O eine wagrechte Nulllinie $A'B'$, so ergeben die Schnittpunkte der wagrechten Projektionsstrahlen durch die Punkte von F_o^\vee mit den senkrechten Projektionsstrahlen durch die entsprechenden Punkte von F die Eckpunkte der Verschiebungsfigur F' in senkrechter Richtung, d. h. die Eckpunkte der Einflusslinie der Stabspannung von l für senkrecht wirkende Kräfte, welche mit der nach den anderen Verfahren gefundenen, völlig übereinstimmen muss.

§. 23. Beispiel 3. Für den in Fig. 27a dargestellten Bogenträger mit drei Hauptgelenken soll die Einflusslinie für die Spannung des Obergurtstabes $DF = l$ ermittelt werden für senkrechte, auf den Obergurt wirkende Lasten; diese Lasten sollen jedoch nicht unmittelbar auf den Obergurt wirken, sondern durch einzelne Zwischenträger auf Querträger übertragen werden, welche auf den oberen Knotenpunkten unverschieblich aufliegen. Die Zwischenträger mögen mit den Querträgern an je einem, z. B. dem linken Ende drehbar fest verbunden, an dem anderen Ende wagrecht gleitend gedacht werden.

Die gesuchte Einflusslinie ist die Biegelinie der Kraftangriffspunkte, hier also die Biegelinie der Zwischenträger; dieselbe weicht von der Biegelinie des Obergurtes der Hauptträger nur an denjenigen Stellen ab, bei welchen durch Herstellung der kinematischen Formänderung Δl die Zwischenträger sich gegenüber den darunter befindlichen Theilen des Obergurtes (relativ) bewegen. Dies tritt in vorliegendem Beispiel ein bei den Zwischenträgern α über dem betrachteten Stabe DF und bei $GH = \beta$ über dem Scheiteltgelenk C . Man ermittle zunächst die

Biegelinie der Hauptträger. Nach Ausschaltung des Stabes $l = DF$ geht das Fachwerk, ganz ähnlich wie bei dem vorigen Beispiele, in eine kinematische Kette über mit den starren Gliedern a, b, c . Dieselbe lässt

sich auffassen als Gelenkviereck, bestehend aus den gedachten Stäben $\overline{AB} = o$ (festgehaltenes Glied), $\overline{AE} = a$, $\overline{EC} = b$ und $\overline{CB} = c$. Hienach ergeben sich wie vorhin die Pole: $(oa) = A$, $(oc) = B$, $(ab) = E$ und $(bc) = C$, woraus: $(ob) = a|c = AE|BC$.

Fig. 27 a.

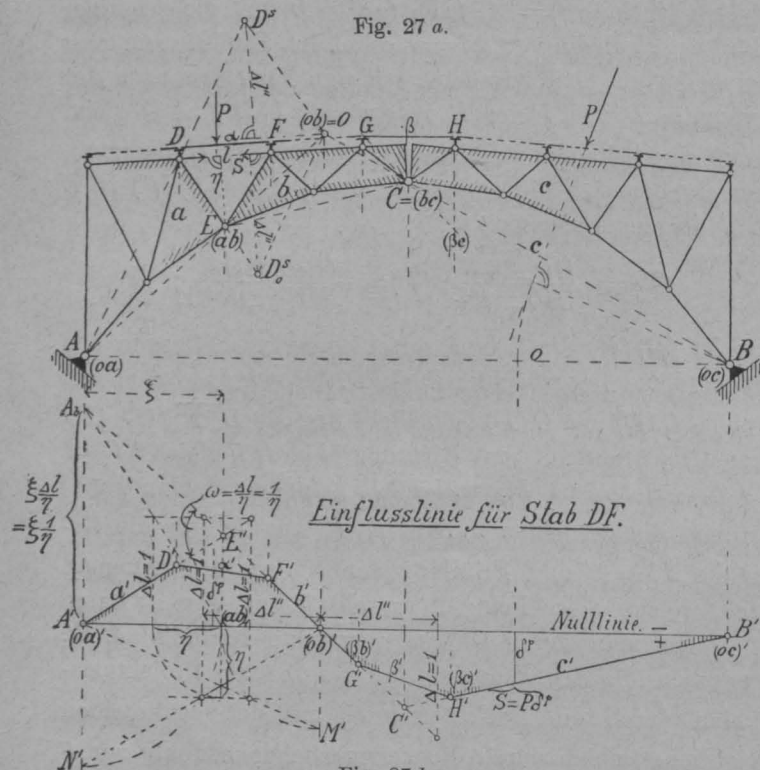


Fig. 27 b.

Es sei η der Hebelsarm von l in Bezug auf (ab) , also $\eta = (ab) \perp l$. Die Festlegung der durch die Pole bestimmten Verschiebungsfigur F' für die Bedingung $\Delta l = 1$ geschah in Fig. 27a, b auf drei verschiedenen Wegen (vergleiche §. 19, Nr. 7, Schluss und Nr. 9):

1. Durch Ermittlung des Abschnittes $\overline{A'A_b}$, welchen a' und b' auf dem Projektionsstrahl $r|A$ abschneiden, aus dem Verdrehungswinkel $\angle a'b' = \omega_{ab} = -\frac{\Delta l}{\eta} = -\frac{1}{\eta}$; dieser Drehwinkel ist negativ, weil sich bei einer Verlängerung von l das Glied a gegen das vorübergehend festgedachte Glied b um Pol (ab) links herum dreht, woraus folgt, dass sich a' und b' oberhalb der Nulllinie (auf der negativen Seite) schneiden müssen, wie gezeichnet. Verbindet man die Projektion $(ab)_1$ mit dem Endpunkte der in wagrechter Entfernung η von $(ab)_1$ auf der Nulllinie errichteten Ordinate $\Delta l = 1$, so erhält man den Abschnitt $\overline{A'A_b} = \xi \frac{1}{\eta}$ und hienach $b' = (ob)' A_b$.

2. Mache $(oa)' N' = (oa)' (ab)_1$ und $(ob)' M' = (ob)' (ab)_1$, dann schneidet eine in der Entfernung η auf derselben Seite zur Nulllinie gezogene Parallele die Linien $(oa)' M'$ und $(ob)' N'$ in Punkten, welche die Abscissen der besonderen Punkte von a' und b' geben, bei denen also die zugehörigen Ordinaten gleich $\Delta l = 1$ aufzutragen sind.

3. Die Längen der vom Pol (ob) ausgehenden Strahlen nach Punkten zum Gliede b mögen die zugehörigen senkrechten Verschiebungen darstellen, so dass $(ob) \equiv E^s \equiv F^s$ ist; dann ergibt sich der zu D entsprechende Punkt

$$D^s = \frac{(oa) - D}{l|E^s||ED} = \frac{A - D}{l|(ob)||ED}$$

und die zugehörige Längenänderung $\Delta l''$ von $l = \overline{DF}$ ist die Projektion von $\overline{D^s F^s} = \overline{D^s (ob)}$ auf eine Richtung $\perp DF$, wie gezeichnet. Betrachtet man andererseits (ob) als Pol O für eine Polfigur F_o^s , deren Polstrahlen nach b auch die zugehörigen senkrechten Verschiebungen darstellen, so dass $F_o^s \equiv F$, $E_o^s \equiv E$ ist, dann ergibt sich $D_o^s = \frac{E - D}{l|(ob)||AD}$ und $\Delta l'' = D_o^s \perp l$. Die in der wagrechten Entfernung $\Delta l''$ von $(ob)'$ gezogenen Ordinaten $\Delta l = 1$ bestimmen die Lage von b' , wodurch die Einflussfigur F' festgelegt ist.

Aus der gefundenen Biegelinie $A'E'C'B'$ der Hauptträger erhält man die gesuchte Biegelinie der Zwischenträger, wenn man die Projektionen $D'F'$ von DF , sowie G' und H' von GH geradlinig verbindet; denn diese Verbindungslinien α' , bzw. β' sind die Verschiebungslinien für die darüber befindlichen Zwischenträger α und β , deren senkrechte Durchbiegungen an ihren Auflagerpunkten mit denen der Hauptträger übereinstimmen. Daraus folgt allgemein:

Werden die Lasten nicht unmittelbar auf die Hauptträger übertragen, sondern durch Vermittlung von Zwischenträgern, so sind die zugehörigen Einflusslinien zwischen den Stützpunkten der Zwischenträger stets geradlinig.

Es werde hier bemerkt, dass diese Beziehung, streng genommen, nur unter der oben gemachten Voraussetzung betreffs der Auflagerung der Zwischenträger richtig ist. Den Schnittpunkt der Verschiebungslinie β' mit c' erhält man genau nur durch Ermittlung des Poles (βc) ; ist der Zwischenträger $GH = \beta$ bei G drehbar fest, bei H wagrecht gleitend angenommen, so ergibt sich der Pol $(\beta c) = \frac{(\beta b) - (bc)}{r|H} = \frac{GC}{r|H}$, wobei

$r|H$ der lothrechte Projektionsstrahl durch H ist. Der Pol (βc) liegt sonach lothrecht unter H , folglich ist $(\beta c) \equiv H'$. Würde man aber zum Beispiel dem Zwischenträger α bei F die in der Richtung DF geneigte Gleit- oder Auflagerbahn geben, so würde der Pol (αb) nicht mehr lothrecht unter F liegen und die Einflusslinie erhielte bei F' einen lothrechten Absatz. Nimmt man an, die Zwischenträger seien auf oder zwischen den Querträgern beiderseits fest verbunden (vernietet), was allerdings den wirklichen Ausführungen bisher meist entspricht, dann ist der Träger streng genommen überstarr und statisch unbestimmt, weil er nach Ausschaltung eines Obergurtstabes nicht in eine bewegliche Verbindung übergeht, da die festen Zwischenträger eine Bewegung verhindern; es werden dann die Zwischenträger nicht nur auf Biegung, sondern auch durch Längs-(Axial-)kräfte beansprucht, welche letztere andererseits die Querträger wieder auf Biegung in wagrechtem Sinne beanspruchen. Es tritt dadurch (und auch durch verschiedene andere Ursachen, namentlich die Steifigkeit der Knotenpunkte) für eine gegebene Belastung ein sehr verwickeltes Spiel der inneren Kräfte ein, welches durch mannigfache Versuche Fränkel's mit dem Dehnungszeichner festgestellt und theoretisch nur sehr schwierig zu verfolgen ist. (Vergleiche „Civil-Ingenieur“ 1882 und die folgenden Jahrgänge.)

§. 24. Beispiel 4. Es ist die Einflusslinie der Spannung des Stabes $l = 5, 8$ für das in Fig. 28a dargestellte statisch bestimmte Fachwerk mit geradem Untergurt und gekreuzten Zwischenstäben bei senkrecht wirkenden Lasten zu ermitteln.

Derartige Fachwerke mit gekreuzten Zwischenstäben und gekrümmtem Ober- oder Untergurt berechnet man bisher meist annähernd, indem man sie, wie in der Einleitung erwähnt, in einzelne statisch bestimmte Theilfachwerke zerlegt. Allerdings kann man hiebei auch nur

annähernd diejenige Lastenstellung annehmen, welche die grösste, bzw. kleinste Spannung eines Stabes hervorbringt. Diese ungünstigste Lasteneinstellung geschieht aber genau nur durch Zeichnung der genauen Einflusslinie für die betreffende Stabspannung. Zu dieser Einflusslinie kann man im vorliegenden Beispiele gelangen, wenn man in den einzelnen Knotenpunkten je eine Einzellast = 1 annimmt, für jede solche Einzelbelastung die betreffende Stabspannung nach bekannten Verfahren durch Zeichnung oder Rechnung ermittelt und diese gefundenen Spannungen als Ordinaten unter den Lastangriffspunkten aufträgt. Dieser Weg ist sehr umständlich und führt in denjenigen Fällen durch Zeichnung gar nicht, durch Rechnung nur auf grossen Umwegen zum Ziele, wo der betrachtete Stab zur „Grundfigur“*) eines Fachwerkes gehört und diese Grundfigur nicht bloß aus einem Stabe besteht. Erst durch die in vorliegender Abhandlung angegebenen Verfahren sind alle Fragen über die

Fig. 28 a.

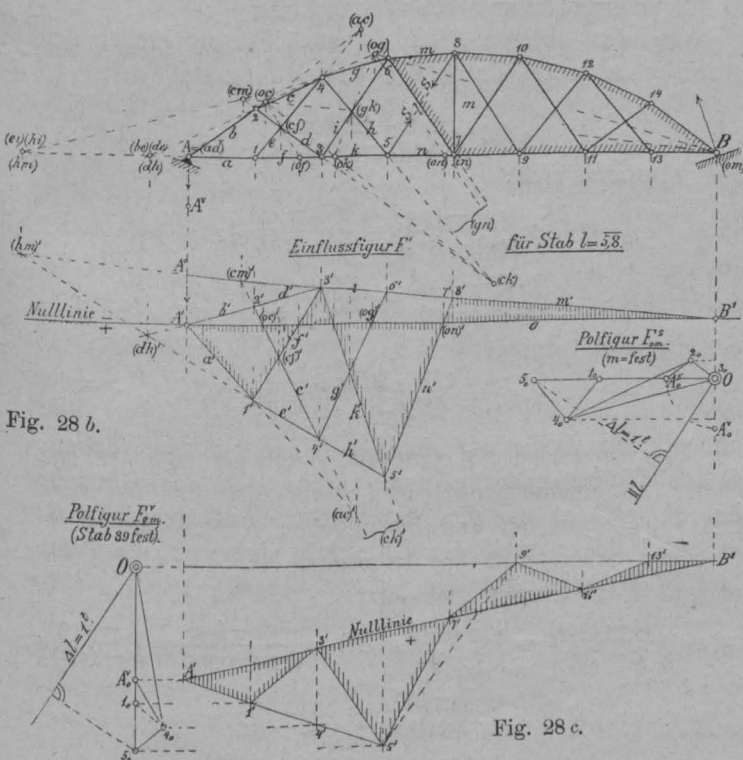


Fig. 28 b.

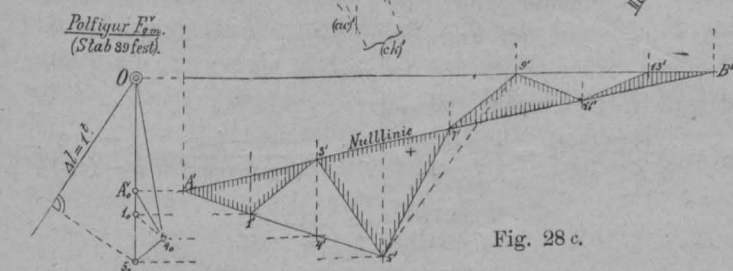


Fig. 28 c.

Ermittlung der Stabspannungen, sowie die ungünstigste Einstellung von Einzellasten mit Hilfe der genauen Darstellung der Einflusslinien in allgemeiner und einfacher Weise, ohne Zugrundelegung einer bestimmten Trägerform gelöst, was an dem nachfolgend behandelten Beispiele erkenntlich ist.

a) Anwendung des zweiten Verfahrens. Man schalte den Stab $l=5,8$ aus, dann ist die nächste Frage: Gibt es bei der entstandenen, einfach beweglichen Stabverbindung starre Stabgruppen? Die Grundfigur des ganzen gegebenen Fachwerkes ist der mittelste Stab 7,8 und durch aufeinanderfolgende Anfügung je zweier, einen zweifachen Knotenpunkt bildenden Stäbe

*) Vergleiche „Centralbl. d. Bauverw.“, 1887, S. 365, sowie Abbildung 13, S. 366. Die Grundfigur entsteht aus dem gegebenen Stabwerk durch aufeinanderfolgendes Wegstreichen der vorhandenen zweifachen Knotenpunkte (in denen sich zwei Stäbe treffen) nebst den davon ausgehenden zwei Stäben.

an den Grundstab 7,8 entsteht die in der Figur an der Umgrenzung gestrichelte starre Stabgruppe, während die übrigen Stäbe alle gegenseitig beweglich sind. Man halte zunächst diese starre, mit dem gleitenden Auflager B in unmittelbarer Verbindung stehende Stabgruppe m fest und zeichne eine der Fig. F_o^v oder F_o^s unter der Bedingung $\Delta l = 1$; in der Fig. 28 b ist F_o^s wie folgt ermittelt. Es ist zunächst der dem Knotenpunkt 5 entsprechende Verschiebungsendpunkt 5_o bestimmt. Man ziehe durch den angenommenen Pol O eine Linie $\parallel l$ und eine andere $\parallel 7,5$ und bestimme auf dieser letzteren den Punkt 5_o so, dass dessen senkrechter Abstand von der ersten Linie gleich $\Delta l = 1$ (in der Abbildung = 2 cm) ist; dann ergibt sich weiter:

$$4_o = \frac{l|5_o||5,4}{l|O||6,4}; \quad 3_o = \frac{l|5_o||5,3}{l|O||6,3} = O; \quad 2_o = \frac{l|4_o||4,2}{l|3_o||3,2};$$

$$1_o = \frac{l|4_o||4,1}{l|3_o||3,1}; \quad A_o^s = \frac{l|2_o||2,1}{l|1_o||1,1}.$$

$\overline{OA_o^s}$ ist die senkrechte Verschiebung des an dem festen Auflager befindlichen Punktes A ; die wirkliche Verschiebung $\overline{AA^v}$ ergibt sich durch Linksdrehung der senkrechten Verschiebung, geht also nach abwärts. Man ziehe eine wagrechte Linie $A'B'$ unter AB , trage von A aus die Verschiebung $\overline{OA_o^s}$ nach aufwärts = $A'A_o$ und betrachte die Gerade $A'B'$ als Nulllinie für die Verschiebungen der Knotenpunkte in lothrechter Richtung, indem man unter den einzelnen Knotenpunkten die lothrechten Verschiebungen derselben als lothrechte Ordinaten aufträgt, welche gleich den wagrechten Abständen der entsprechenden Knotenpunkte von Fig. F_o^s von einer durch den Pol O gelegten Lothrechten sind. Allen Knotenpunkten links, bzw. rechts von dieser durch O gehenden Senkrechten entsprechen Verschiebungen nach abwärts, bzw. aufwärts; es kommen sonach in dem vorliegenden Beispiele nur abwärts gerichtete Verschiebungen vor. Das verschobene Stabwerk F^v ist nun so zu drehen, dass der verschobene Auflagerpunkt A^v wieder nach A kommt; dies geschieht, wie man erkennt, durch eine Drehung von F^v um B nach rechts herum. Die hiedurch entstehenden Verschiebungen nach aufwärts, welche durch die Ordinaten des Dreiecks $A'B'A_o$ dargestellt werden, müssen von den vorher erhaltenen abwärts gerichteten Verschiebungen abgezogen werden, so dass alle Schlussverschiebungen in lothrechter Richtung jetzt von der Geraden $A'B'$ aus gemessen werden müssen, d. h. durch Drehung von F^v um B nach aufwärts dreht sich die erste Nulllinie A^0B' um B' nach abwärts in die Lage $A'B'$. (Vergl. Beispiel 1, b, S. 33 unten.)

Zu demselben Ergebniss gelangt man durch die einfachere Betrachtung, dass man nur die mit der Zeichnungsebene zusammenfallend gedachte Stützebene E_o (des Fachwerkträgers) mit dem festen Auflager A um B nach links zu drehen braucht, damit A wieder mit dem verschobenen Punkte A^v in Verbindung stehe, wodurch sich auch die, die feste Stützebene vertretende Nulllinie in der Verschiebungsfigur F^v von A^0B' um B' nach links dreht und in die Lage $A'B'$ gelangt.

Greifen nur Lasten am Untergurt an, so ist die Einflussfläche für die Stabspannung von l gleich der Verschiebungsfläche der Untergurtstäbe, welche in der Figur durch Strichelung angedeutet ist.

b) Einige Folgerungen. Da durch die Polfigur F_{om}^u und die Verschiebungsfigur F' der ganze Verschiebungszustand von F bestimmt ist, müssen sich daraus auch die Pole der einzelnen Stäbe gegen die Stützebene ermitteln lassen. Durch F_{om}^u sind alle Pole gegen das festgedachte Glied m bestimmt. Da 3₀ mit dem Pol O zusammenfällt, folgt, dass bei festgehaltenem Gliede m der Punkt 3 während einer unendlich kleinen Verschiebung von F in Ruhe bleibt, weshalb die Pole aller von 3 ausgehenden Stäbe gegen Glied m auch mit 3 zusammenfallen müssen. Ferner ergibt sich z. B. der Pol (cm) von $c=2, 4$ gegen m durch:

$$(cm) = \frac{l|2||O2_0}{l|4||O4_0} = \frac{d}{g}; \quad (\text{denn es ist } O2_0 = 3_0 2_0 || d \text{ und } O4_0 || 6, 4.)$$

Da weiter F^v nur um B zu drehen ist, damit A^v wieder nach A gelange, folgt: $B = (om)$ und daraus:

$$(oc) = \frac{(om) - (cm)}{r|(oc)'}, \quad \text{wobei } r|(oc)' \text{ der lothrechte Projektionsstrahl durch den in } F' \text{ gefundenen Schnittpunkt } (oc)' \text{ der Nulllinie } o \text{ mit } c' \text{ ist. Daraus folgt, dass man durch } F_{om}^u \text{ und } F', \text{ wenn verlangt, auch die Spannungen } S \text{ von } l \text{ für beliebig gerichtete Kräfte finden kann, da sich dieselben nach Früherem durch die Einflussfigur } F' \text{ und die Lage der Pole } (os) \text{ leicht ermitteln lassen; übersichtlicher wird dieser allgemeine Fall jedoch durch Zeichnung eines Verschiebungsplanes nach Fig. 20c dargestellt.}$$

Auf noch anderem Wege gelangt man zu den verschiedenen Polen aus der zuerst ermittelten Polfigur F_{om}^u (bezw. auch aus F_{om}^v), wenn man ausser der Verschiebungsfigur F^v in lothrechtlicher Richtung (letztere jetzt mit r' bezeichnet) in ganz entsprechender Weise noch eine beliebige zweite Verschiebungsfigur F'' in anderer Richtung r'' , z. B. der wagrechten Richtung zeichnet und die zugehörigen Punkte der seitlich von F liegenden Fig. F'' dann durch wagrechte Projektion (r'') der Punkte von F ermittelt. Es ergibt sich dann allgemein der Pol (st) für zwei ganz beliebige Glieder s, t zu:

$$(st) = \frac{r'|(st)'}{r''|(st)''},$$

d. h. der Pol (st) ist der Schnittpunkt der beiden Projektionsstrahlen, welche durch die Schnittpunkte $(st)' = s'|t'$ in Richtung r' und durch $(st)'' = s''|t''$ in Richtung r'' gehen. Im Besonderen bestimmt sich der Pol (os) des Gliedes s gegen die Stützebene E_0 aus:

$$(os) = \frac{r'|(os)'}{r''|(os)''}.$$

Daraus folgt die wichtige Beziehung:

Durch zwei beliebige Verschiebungsfiguren F' und F'' in zwei verschiedenen Richtungen sind alle möglichen augenblicklichen Bewegungszustände einer einfach beweglichen kinematischen Kette vollkommen bestimmt; bei Festhalten eines beliebigen Gliedes m werden die zugehörigen Verschiebungslinien m' und m'' zu Nulllinien (Vergl. §. 19, Nr. 7.)

c) Anwendung des fünften Verfahrens. Dieses Verfahren, welches in der Hauptsache auf der direkten Polbestimmung beruht, führt im vorliegenden Falle weniger schnell zum Ziele, da sehr viele gegenseitig bewegliche Glieder (12) vorhanden sind; wir führen dasselbe aber an, um an einem solchen Beispiele die Polbestimmung zu zeigen, die zugleich als eine werthvolle Probe der Richtigkeit der gezeichneten Einflussfigur F' betrachtet werden kann. Die Stäbe sind von A ausgehend, fortschreitend mit $a, b, c \dots$ und die starre Stabgruppe schliesslich mit m bezeichnet. Die Gelenkpunkte sind die Pole für je zwei anstossende Stäbe; ausserdem kommen viele Gelenkvier-ecke vor, aus denen sich folgende Pole ergeben:

$$\begin{aligned} (ad) &= b|f = A; (hf) = a|d = 3; \\ (ac) &= b|e; (be) = a|c; (cf) = d|e; (de) = c|f; \\ (ck) &= d|h; (dh) = c|k [(de) = (be)]; \\ (ei) &= f|g; (fg) = e|i; (gk) = h|i; (hi) = g|k; \\ (gn) &= h|m = h|67; (hm) = g|n [(hi) = (ei)]; \\ (in) &= k|m = k|67 = 7; (km) = i|n = 3. \end{aligned}$$

Von den übrigen Polen ist zunächst zu suchen der Pol (om) , am besten durch den Vermittlungsstab d :

$$(om) = \frac{l|B \perp \text{Bahn } B}{(od) - (dm)};$$

hiebei bestimmt sich:

$$(od) = \frac{(oa) - (ad)}{(ob) - (bd)} = \frac{A - A}{A - 2} = A;$$

$$(dm) = \frac{(dh) - (hm)}{(di) - (im)} = \frac{(dh) - (hm)}{3 - 6} = 3;$$

dies eingesetzt, ergibt:

$$(om) = \frac{l|B \perp \text{Bahn } B}{A - 3} = B,$$

d. h. wie wir vorher auf anderem Wege gefunden haben: bei der Längenänderung von l dreht sich das Glied m (ohne zu gleiten) um den beweglichen Auflagerpunkt B ; dies rührt daher, weil der Untergurt eine gerade Linie bildet. *) Weiter ergibt sich jetzt:

$$(cm) = \frac{(ch) - (hm)}{(cd) - (dm)} = \frac{4 - (hm)}{2 - 3}; \quad (oc) = \frac{(oa) - (ac)}{(om) - (mc)} = \frac{A - (ac)}{B - (cm)};$$

$$(of) = \frac{(oa) - (af)}{(oc) - (cf)} = \frac{A - 1}{(oc) - (cf)};$$

$$(ok) = \frac{(oc) - (ck)}{(om) - (mk)} = \frac{(oc) - (ck)}{B - 3};$$

$$(og) = \frac{(oc) - (cg)}{(om) - (mg)} = \frac{(oc) - 4}{B - 6};$$

$$(on) = \frac{(og) - (gn)}{(om) - (mn)} = \frac{(og) - (gn)}{B - 7}.$$

Unter diesen Polen liegen die Schnittpunkte aller Verschiebungslinien der Fig. F^v untereinander und mit der gezeichneten Nulllinie $A'B'$.

d) Vergleich mit dem Annäherungsverfahren. Es soll an diesem Beispiele noch gezeigt werden, welchen grossen Fehler man begehen würde, wenn man das gegebene Fachwerk etwa in zwei Theilfachwerke zer-

*) Es kann sich deshalb bei den verschwindend kleinen Verschiebungen der einzelnen Untergurtstäbe die ganze Länge \overline{AB} nicht ändern, B bleibt in seiner Lage, weshalb $(om) = B$ ist, die Verschiebungsrichtungen der Gelenkpunkte 1, 3, 5, 7 sind lothrecht und die Pole (oa) , (of) , (ok) , (on) müssen auf der Geraden AB selbst liegen.

legen und die Stabspannungen hienach ermitteln würde, wobei jede Diagonale nur in einem Theilfachwerke vorhanden wäre. Das Theilfachwerk, welches den Stab l enthält, besitzt die Knotenpunkte $A, 1, 4, 5, 8, 9, 12, 13, B$, das andere Theilfachwerk die Knotenpunkte $A, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 14, B$; die Untergurtstäbe fallen in die gleiche Richtung, während die Obergurtstäbe sich nicht völlig decken. Beide Theilfachwerke wären nach Art von Fig. 25 a gebildet; es ist wie im ersten Beispiel unter b) die Verschiebungsfigur F' für das erste Theilfachwerk mit Hilfe der Fig. F_{om}^v wie folgt ermittelt (Fig. 28 c): Ziehe durch den angenommenen Pol O eine Linie $\parallel l$ und trage darauf bei Festhalten des rechten starren Trägertheiles $m = 8, 9, 12, 13, B$ die Längenänderung $\Delta l = 1$ nach Grösse und Richtung auf. Dann liegt Punkt 5_o auf einer Linie $l \mid O \perp 9, 5$, so dass die Projektion von $\overline{O5_o}$ auf die Richtung l gleich $\Delta l = 1$ (in der Figur $= 2 \text{ cm}$) ist. Weiter ergibt sich:

$$4_o = \frac{l \mid 5_o \perp 5, 4}{l \mid O \perp 8, 4}; \quad A_o^v = \frac{l \mid 4_o \perp 4, A}{l \mid 5_o \perp 5, A};$$

(es lässt sich A_o^v aus 5_o und 4_o ermitteln, weil A mit 5 und 4 bei dem Theilfachwerke in starrer Verbindung steht).

Der Auflagerpunkt A verschiebt sich demnach um OA_o^v nach Grösse und Richtung. Zieht man durch den Pol O eine wagrechte Nulllinie und projiziert die Verschiebungsendpunkte von F_o^v in wagrechter Richtung auf die entsprechenden senkrechten Projektionsstrahlen von F und betrachtet dann $A'B'$ als neue (um B' gedrehte) Nulllinie, so sind $A'5'9'B'$ die Verschiebungslinien der Untergurtstäbe und zusammen gleich der Einflusslinie der Stabspannung von l , wenn die Lasten lediglich auf das eine betrachtete Theilfachwerk wirkten. Denkt man sich jetzt die beiden Theilfachwerke dicht hintereinander gestellt und greifen die Lasten auf Zwischenträgern so an, dass dieselben bei den Knotenpunkten $1, 5, 9, 13$ nur auf das erste, bei den anderen Knotenpunkten nur auf das zweite Theilfachwerk wirken, so müssen die Ordinaten der Einflussfigur für das erste Theilfachwerk unter den Knotenpunkten $3, 7, 11$

gleich Null sein, aus welcher Bedingung sich die in Fig. 28 c gestrichelte angenäherte Einflussfläche für die Stabspannung l ergibt. Diese Einflussfläche ist unmittelbar mit der darüber befindlichen genauen, vorher ermittelten in Vergleich zu ziehen, um den grossen Unterschied beider zu erkennen; daher wird es stets rathsam sein, bei statisch bestimmten Fachwerkträgern mit gekreuzten Diagonalen die genauen Einflusslinien nach einem der hier angegebenen Verfahren zu bestimmen.

Vorläufige Schlussbemerkung.

Alle bei der kinematischen Behandlung der statisch bestimmten Fachwerke gefundenen statisch-kinematischen Beziehungen gelten auch allgemein für statisch bestimmte Träger überhaupt, wenn man nur die Stabspannung S und die Längenänderung Δl ersetzt durch andere gesuchte statische Wirkungen und die zugehörigen Formänderungen, also z. B. Auflagerdrücke, Querkräfte, Längskräfte und die zugehörigen Verschiebungen, sowie Biegemomente und die zugehörigen Verdrehungen, was aus dem ersten Theile (A) dieser Abhandlung zu ersehen ist.

Ähnliche Betrachtungen für die Formänderungen lassen sich auch anstellen, wenn nicht nur ein Träger-Element, sondern alle Elemente ihre Länge, bzw. Form um gegebene Grössen, elastische Formänderungen genannt, ändern. Auch hiebei dreht sich jedes unendlich kleine (und für sich theilweise starr gedachte) Trägertheilchen um einen Punkt der Zeichnungsebene, den zugehörigen Pol, aber diese Pole liegen nicht zerstreut (wie bei statisch bestimmten Trägern), sondern bilden einen zusammenhängenden Zug, welcher aus zwei verschiedenen Biegungslinien F' und F'' ermittelt werden kann und verschiedene besondere Eigenschaften besitzt, worauf hier nicht eingegangen werden möge. Auch hiebei gibt es Fig. $F^v, F^s \dots$, von denen die Fig. F' der lothrechten Verschiebungen oder die Biegungslinie (in lothrechter Richtung) wieder als Einflusslinie für lothrecht wirkende Lasten aufgefasst werden kann.

Weiteres soll in einer nächsten Veröffentlichung folgen.

Die Konkurrenzpläne für das „Deutsche Haus“ in Brünn.

Besprochen von August Prokop, Professor an der k. k. technischen Hochschule in Brünn.

Im Frühjahr v. J. schrieb der Ausschuss des Vereines „Deutsches Haus“ in Brünn eine Konkurrenz behufs Erlangung von Plänen für dieses Gebäude aus; der Ein- sendungstermin lief am 25. August ab. Obwohl seinerzeit die namhafte Zahl von 336 Architekten das Programm verlangt hatten, wurden nur 22 Projekte eingeschickt; hievon mussten 2 ausser Konkurs gestellt werden, 4 Projekte kamen abzurechnen, welche entweder in bautechnischer oder künstlerischer Beziehung nicht entsprachen, so dass eigentlich nur 16 Projekte in Betracht gezogen werden konnten.

Das Resultat der Konkurrenzausschreibung war daher, was die Zahl der eingelangten Projekte betrifft, ein ungünstiges; das Programm verlangte viel, die Aufgabe war keine leichte und dies und noch so manche andere Bedin-

gung der Ausschreibung, vor Allem die geringe zur Verfügung gestellte Bausumme, schreckte wohl die meisten Architekten davon ab, sich an der Konkurrenz zu betheiligen.

Erst am 24. September konnte die Jury zusammentreten; der Konkurrenzausschreibung gemäss bestand selbe aus den folgenden Herren Architekten: Oberbaurath Freiherr von Hasenauer, Oberbaurath Freiherr von Hansen, Oberbaurath und Dombaumeister Freiherr von Schmidt und dem Professor der k. k. technischen Hochschule in Brünn Architekt Prokop; dann aus dem Obmanne und dem Obmannstellvertreter etc. des Vereines „Deutsches Haus“ Friedrich Wannieck, Gustav Ritter von Schöller, Dr. Reissig und R. M. Rohrer.

Die nicht verhinderten Mitglieder der Jury haben nach mehrtägiger eingehender Berathung und auf Grundlage einer Zahl ausgezeichneten Tabellen, die der Obmann des Vereines, Fr. Wannieck, in sachgemässer Weise für die Jury hatte vorbereiten lassen, am 26. September, und zwar unter entsprechender Motivirung einstimmig folgendes Urtheil gefällt:

Den 1. Preis per 1500 fl. erhielt das Projekt Nr. 10, Motto: „Deutsch“; als deren Verfasser die Herren Regierungs-Bauräthe Ende und Böckmann in Berlin bekannt wurden.

Den 2. Preis erhielt das Projekt Nr. 15, Motto: „Luft und Licht“; als Verfasser des Projektes wurde Herr Hermann Wanderley, Professor der k. k. Staatsgewerbeschule in Brunn constatirt.

Eine ehrende Anerkennung erhielten die Projekte: Nr. 5, Motto: „Deutsches Haus I“ (Innsbruck), Verfasser Max Haas, Professor der k. k. Staatsgewerbeschule in Innsbruck; dieses Projekt wurde ausserdem mit 500 fl. zum Ankauf empfohlen;

Nr. 8, Motto: „1870“, Verfasser Architekt Friedrich Schachner in Wien;

Nr. 17, Motto: „Frisch an's Werk“, Verfasser die Architekten Hartl und Nöckelmann in Leipzig.

In der hierauf erfolgten Sitzung des Ausschusses des Vereines „Deutsches Haus“ wurde sodann auf Grund dieses Resultates der einstimmige Beschluss gefasst, das mit dem ersten Preise prämiirte Projekt auch wirklich zur Ausführung zu bringen und daher sofort mit den Architekten Ende und Böckmann in diesbezügliche Verhandlungen zu treten; zu diesem Behufe wurde ein engeres Comité, bestehend aus den Herren: Fr. Wannieck, dem Bürgermeister der Stadt Brunn, Statthaltereirath Winterholler und Gustav Ritter von Schöller, gewählt, dem der Referent als technischer Beirath zugezogen wurde.

Dieses Comité vereinbarte mit Herrn Architekt Böckmann jene Aenderungen am Projekte, welche als nothwendig erkannt worden waren, und es wurde dann sofort mit der Firma Ende & Böckmann der Präliminarvertrag behufs Ausführung des Projektes und Uebernahme der Bauleitung abgeschlossen.

Ergab also auch die Konkurrenz als solche, wie wir früher erwähnt, der Menge nach ein nicht günstiges Resultat, so lag der sehr erfreuliche Umstand vor, ein brauchbares und für die Ausführung vollkommen geeignetes Projekt gewonnen zu haben, also ein sofortiger Erfolg, der bei Konkurrenzen sonst selten der Fall ist.

Es sollen nunmehr, und zwar nicht einzeln, sondern summarisch die Projekte besprochen werden, und wird sich derart zeigen, in welcher Weise den Bedingungen des Programmes, den bautechnischen und den Vorschriften bezüglich der Sicherheit der Person, sowie endlich wie den ästhetischen und den pekuniären Anforderungen entsprochen wurde.

Bei jedem Gebäude ist selbstverständlich der Zweck desselben die Hauptsache; den diesbezüglichen Anforderungen muss daher in erster Linie entsprochen werden;

hieran reiht sich die entsprechende Rücksichtnahme auf der Sicherheit der Besucher im Falle einer Feuersgefahr, Panik etc.; sodann muss aber das Gebäude auch den künstlerischen Anforderungen genügen und endlich sollte dies Alles (wie es hier im Programm ganz besonders verlangt war) innerhalb des fest bestimmten, nicht zu überschreitenden Kostenbetrages durchzuführen möglich sein.

Das Programm stellte nämlich die feste Bedingung, dass das Gebäude in Allem und Jedem, ja sogar einschliesslich der Einrichtung der Kaffee- und Restaurationslokale etc. nicht mehr als 350 000 fl. kosten dürfe, so dass eigentlich für den Bau selbst nur 300 000 fl. verfügbar waren.

Dieser wichtigen Bestimmung, die für die Jury insbesondere maassgebend sein musste, haben nur die wenigsten Projekte entsprochen. Wenn daher auch mehrere grossartig und richtig angelegte und künstlerisch entsprechend durchgeführte Entwürfe vorhanden waren, so durfte die Jury diese weniger berücksichtigen, weil selbe die limitirte Bausumme weitaus, selbst um das Doppelte und noch mehr überschritten, obwohl fast alle Verfasser vorgaben, damit das Auslangen zu finden und in ihren Ueberschlägen die Bausumme nur mit 350 000 fl. oder nur wenig höher festgestellt hatten.

Bedenkt man aber, wie dies die genaue Ueberprüfung der Projekte gezeigt hatte, dass die Grösse der verbauten Fläche bei den verschiedenen Projekten zwischen 2000 bis 4000 m², und der geschaffene Nutzraum zwischen 33 000 bis fast 80 000 m³, variirt, und sieht man ferner, dass einstöckige bis 4½-stöckige Gebäude projektirt sind, so liegt es auf der Hand, dass es absolut unmöglich sein kann, alle diese Gebäude mit der gleichen Bausumme von 350 000, bezw. 300 000 fl. herzustellen.

In der That hat es sich durch Berechnungen auch ergeben, wenn man von der Möblirung der Räume und anderen diversen Nebenarbeiten absieht, deren Kosten 50—70 000 bis 80 000 fl. betragen, also wenn man den reinen Bau für sich allein in Betracht zieht, dass sich die Baukosten für die vorliegenden Projekte zwischen 260 000 bis 637 000 fl. und höher stellen würden.)*

Wenn man auch berücksichtigt, dass die Façaden und die innere Ausgestaltung verschieden und auch verschieden reich sind, dass die Etagehöhen etc. etc. differiren etc., so zeigen sich dennoch in den Einzelüberschlägen der Projektanten ungemein krasse, durch nichts zu rechtfertigende Differenzen in den Ansätzen gleichartiger Arbeiten; so findet man für Maurer, Steinmetz- und Bildhauerarbeiten zusammengenommen, die angesetzten Beträge zwischen 107 141 und 224 229 fl., die Steinmetzarbeiten für sich allein betrachtet, zwischen 2500 und 18 000 fl., die Zimmermannsarbeiten zwischen 7040 und 38 488 fl., die diversen Professionistenarbeiten zwischen 27 000 und 106 000 fl. schwanken!

Aus all diesem ergibt sich also, dass bei Konkurrenzausschreibungen Kostenanschläge seitens der Projektanten eigentlich keinen oder nur einen sehr relativen Werth haben, und dass selbe nur eine unnöthige Mehrforderung an Arbeitsleistung

*) Tabelle I.

seitens der Projektverfasser einschliessen; die Forderung detaillirter Kostenanschläge ist daher besser gar nicht zu stellen, dagegen kann das Vorgehen des hiesigen Vereines, entsprechende Rechnungsvorarbeiten für die Jury zu treffen und die Resultate tabellarisch zusammenzureihen, als nachahmenswerth bezeichnet werden, weil dann trotz einer bloss angenäherten Berechnung ein einheitlicher Vorgang und Maassstab für alle Projekte festgehalten werden kann.

Bei der Vergleichung der Projekte kommen nun noch andere wichtige Anforderungen in Betracht.

Wir haben z. B. schon früher erwähnt, dass bei Gebäuden, wo eine grosse Menge von Menschen gleichzeitig zusammenkommen soll, auf die Sicherheit derselben im Falle einer Panik besondere Rücksicht genommen werden müsse; dass demnach ausser der sonstigen feuersicheren und bautechnisch richtigen Durchführung, die sogenannten Kommunikationen oder Gemeinschaften, wie Vestibul, Garderobe, Treppen, Gänge etc. entsprechend hergestellt sein müssen.

Demgemäss muss also die Anlage und Grösse des Vestibuls, die Anordnung, Menge, Grösse und Gestaltung der Treppen, die Lage und Ausdehnung der Garderoben, die Menge und Breite der Ausgangsöffnungen etc. etc. in richtiger Weise gelöst erscheinen, so dass beim eiligen Verlassen des Hauses sofort eine Decentralisation der Menge und eine Bergung oder Sicherung derselben auf sicherstem und kürzestem Wege gewährleistet wird. Der Grad dieser vorgesorgten Sicherheit für die grosse Menge lässt sich aber schon aus dem Grundrisse ermessen, d. h. man ersieht schon aus der Grundrissanlage, inwieweit hiefür die entsprechende Fürsorge getroffen sei. Der erste Raum nun, der uns nach dem Eintritte in das Haus, etwa nach dem Betreten einer Unterfahrtvorhalle entgegentritt, ist das Vestibul, das quadratisch, länglich, nicht selten aber foyer- oder galerieartig, d. h. langsaalig, oder endlich kreuzförmig etc. angeordnet sein kann, wie alle diese Variationen in den Projekten vorkommen. Vestibul und Haupttreppen werden nun seitens der Architekten gerne als Central- oder Sammelpunkte für alle oder den grössten Theil der Besucher des Hauses benützt, so dass sie also von der Menge beim Betreten und Verlassen des Hauses passirt werden sollen, um dadurch die meist reich dekorirten Prachträume allen Besuchern zu zeigen, zugleich aber auch einen neuen Reiz gewinnen zu lassen, indem diese Räume dann ein reichbelebtes und farbenprächtiges Bild abgeben.

Man geht daher bei der Anlage des Vestibuls, der Prachttreppen etc. oft auch verschwenderisch vor, was Grösse und Ausstattung anbelangt; bei der Pariser Oper zum Beispiel nehmen von den $11\,238\text{ m}^2$ der gesammten Baufläche das Vestibul, Foyer und die Hauptstiege allein rd. 5000 m^2 , also fast die Hälfte der gesammten Grundfläche des Hauses ein.

Das Vestibul der Pariser Oper (und so auch das darüber liegende Foyer) hat eine Länge von 54.36 m , eine Breite von 11.38 m , bei einer Höhe von 16.64 m ; das Vestibul der Wiener Oper hat eine Länge von 55 m , bei einer Breite von 8 m ; das Brünner Theater eine Länge von 35 m , bei einer gleichen Breite von 8 m u. s. w.; auch bei dem zur

Ausführung bestimmten Projekte wird der Korridor, wenigstens im 1. Stockwerke fast 35 m lang und 4 m breit sein.

Bei den verschiedenen anderen Projekten finden wir nun vielleicht schönere und auch grossartigere Vestibul- und Treppenanlagen, freilich die meisten schon von Hause aus viel zu verschwenderisch projektirt, als dass sie bei einer Bausumme von $300\,000\text{ fl.}$ überhaupt ausgeführt werden könnten; es ist dies also schon ein Hauptfehler dieser Projekte, welchem das bestprämierte nicht verfallen ist. Wir wollen aber bei unserer allgemeinen Betrachtung nicht bei dem Vestibule allein stehen bleiben, sondern den Weg verfolgen, den das Publikum in derlei grossen und öffentlichen Gebäuden zurücklegen soll; denn eine wichtige Regel ist es, dass das Publikum beim Betreten des Hauses sofort orientirt sei, und dies wird es sein, wenn es Garderoben und Treppen etc. sofort vor sich sieht; die Menge soll hiebei stets den kürzesten, also womöglich geraden Weg und nicht erst hin und her, im Zick-Zack durch Gänge etc. geführt werden.

Diese Kommunikationen sollen sich also unmittelbar aneinanderreihen und wenn thunlich, in einer geraden Axe liegen; denn die Erfüllung dieser Forderung ist insbesondere für ein schnelles Verlassen des Hauses im Falle einer Panik von Vortheil. Selbstverständlich finden wir in den vorliegenden Projekten typische Lösungen dieser Forderung bezüglich der Kommunikationen.

In Fig. 1 (Projekt Nr. 9) ist die einfachste und eine ganz vorzügliche Lösung bei vorliegender Tiefenaxe des Hauses; der ganze Strom der Menschen legt einen geradlinigen Weg bis zu den Treppen zurück. Dabei ist die Garderobe sehr geräumig und günstig angeordnet.

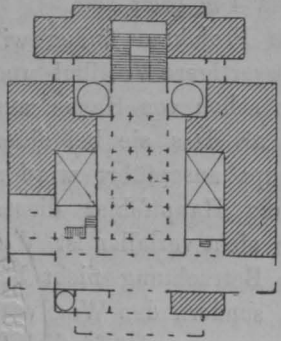
In Fig. 2 (des erstprämierten Projektes, also Nr. 10) ist dasselbe Princip bei Querstellung des Hauses beobachtet; die Garderoben liegen rechts und links vom Vestibule; ähnliche Lösungen zeigen auch andere Projekte, wie Nr. 17.

In Fig. 3 (Projekt Nr. 4) wird die Bewegung der ganzen Menge, u. zw. erst in der Garderobe, nach rechts und links, aber so vertheilt, dass selbe eine stets vorwärtsschreitende, nie zurückfluthende, daher stauende wird. Die Garderobe liegt quergestellt inmitten des Gebäudes und ist daher dem Einflusse der Zugluft nicht ausgesetzt.

In Fig. 4 (Projekt Nr. 8), sowie in den ähnlichen Projekten, wie Nr. 5, 11, 18 und 21, geschieht die Theilung des Menschenstromes theilweise schon im Vestibule; die die Garderobe Aufsuchenden treten Jenen, welche selbe verlassen und Diese wieder den Personen, welche direkt vom Vestibule den Treppen zuströmen, entgegen. Es können daher bei dieser gegenseitigen Bewegung, wenn nicht Raum genug vorhanden ist, leicht Stauungen und Störungen eintreten, zudem kommen die Personen nach dem Verlassen der Garderobe zu nahe dem Vestibule vorbei, können daher leicht Verkühlungen ausgesetzt sein.

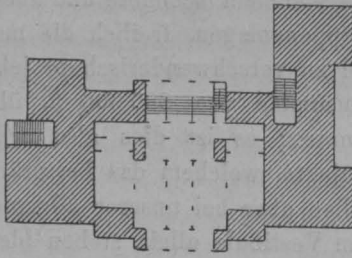
In Fig. 5 ist durch die Rückwärtsbewegung eines grossen Theiles des Publikums dieser Konflikt noch leichter möglich, da vier Treppen neben dem Vestibul, also konzentriert, angelegt erscheinen, daher verhältnissmässig auch wenig Raum für die Bewegung einer grossen Menge vor-

Fig. 1.



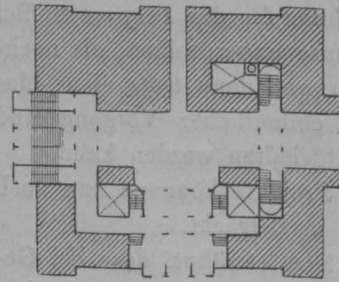
Projekt IX.

Fig. 2.



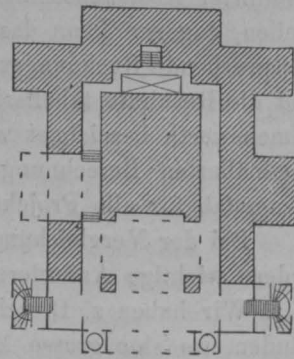
Projekt X (Parterre).

Fig. 3.



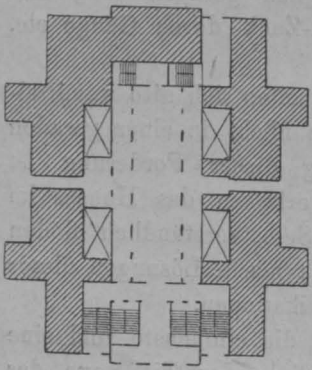
Projekt IV (Parterre).

Fig. 4.



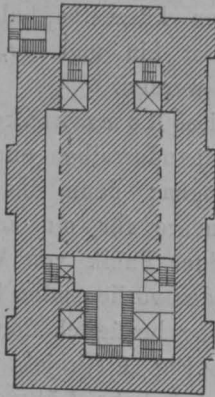
Projekt VIII (Parterre).

Fig. 5.



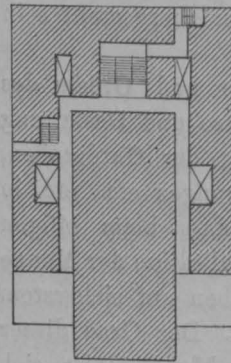
Projekt XV (Parterre).

Fig. 6.



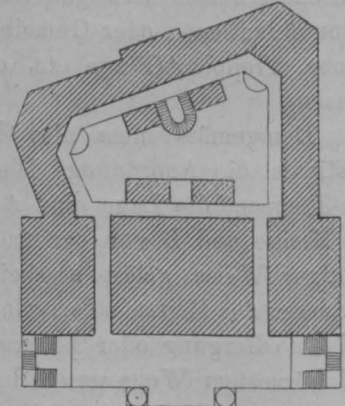
Projekt XVI.

Fig. 7.



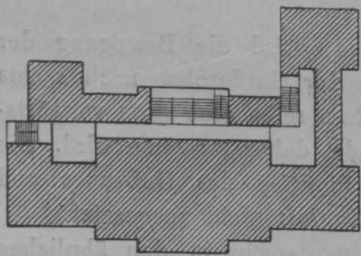
Projekt XIX.

Fig. 8.



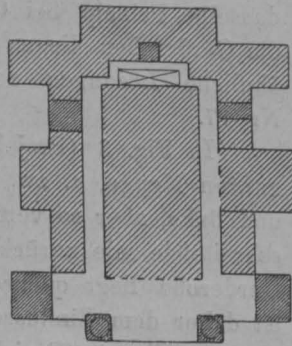
Projekt XI.

Fig. 9.



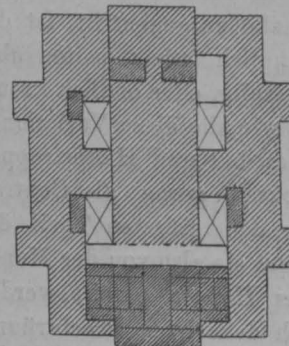
Projekt X (Hauptgeschoss).

Fig. 10.



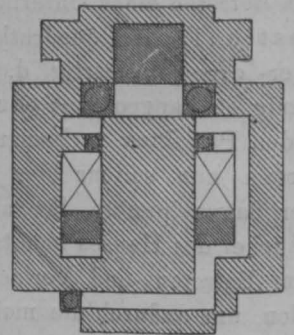
Projekt VIII (Hauptgeschoss).

Fig. 11.



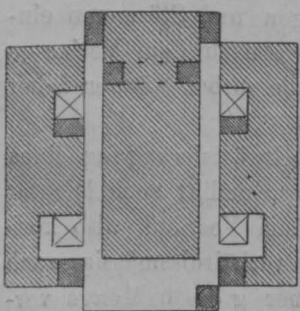
Projekt XV (Hauptgeschoss).

Fig. 12.



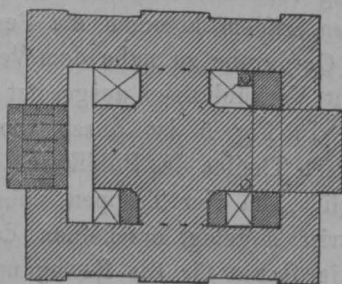
Projekt IX.

Fig. 13.



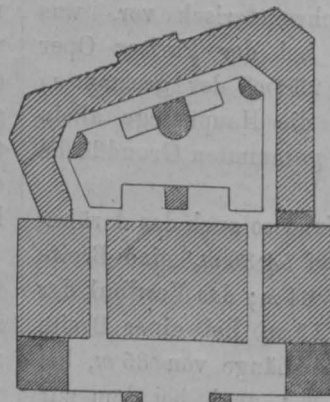
Projekt XIII.

Fig. 14.



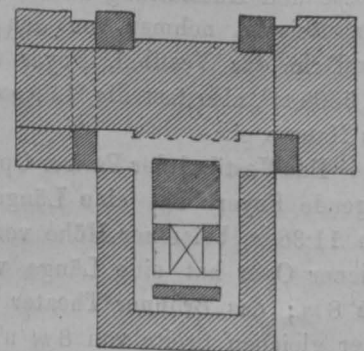
Projekt IV (Hauptgeschoss).

Fig. 15.



Projekt XI.

Fig. 16.



Projekt XVII.

gesehen ist. Die Garderobe an und für sich dürfte aber die beste oder zumindest eine gleiche, wie in Fig. 1 sein. Würde bei dieser Anlage (Projekt 15) der Haupteingang auf der den Stiegen entgegengesetzten Seite angebracht werden, so würde diese Anlage jener in Fig. 1 noch vorzuziehen sein.

An das Vestibul sich anlehnend oder diesem zunächst liegend, finden wir also die Garderobe; die richtige Grösse und Anlage derselben ist ein sehr wichtiger Punkt für die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit eines solchen Hauses; leider findet dies nicht immer die entsprechende Beachtung. Die Garderoben sind meist viel zu klein, un bequem situiert und häufig, wie wir auch schon oben gesehen, so gelagert, dass sich Eintretende und Abtretende gegenseitig beirren oder heftigem Zuge ausgesetzt sind. Als ein Muster, was räumliche Anlage, bezw. Ausdehnung betrifft, kann die Garderobe des neuen Gewandhauses in Leipzig angeführt werden, wo jeder Sitzinhaber auch einen regelmässigen und gleich numerirten Platz in der Garderobe vorgesehen hat; wir sehen diese Anlage in mehreren der vorliegenden Projekte vertreten.

Bei der Mehrzahl derselben finden wir aber, bei doch ganz gleichen Bedürfnissen, die Garderoben viel zu klein; ihre Grösse variirt überhaupt zwischen 28—700 m² Flächen ausdehnung; ebenso verschieden ist die Grösse der Oeffnungen oder die Länge der Tische, an welche das Publikum bei der Kleiderabgabe oder Empfangnahme heranzutreten hat; dieses Maass schwankt zwischen 8 und 70 m Länge, so dass im ersteren Falle nur 16—20, im letzteren Falle aber 150—200 Personen auf einmal bedient werden können und hiebei die Garderobiers stets den kürzesten und die schnellste Bedienung ermöglichenden Weg zurückzulegen haben.

Zu kleine Garderoben haben die Projekte Nr. 5, 12, 14, 16 und 18; nahezu genügende und sonst günstige Garderoben haben die Projekte Nr. 10, 11 und 17; Nr. 4, 9 und 15 haben die grössten Garderoben vorgesehen, wobei Nr. 15 dieselbe auch für andere Zwecke (Kneiplokale, Trinkhalle etc.) sehr praktikabel verworthe.

Wir hätten jetzt als zunächstliegend die Treppen zu besprechen, wollen aber vorher den wichtigsten und vornehmsten Theil des Hauses, den grossen Saal, in Betracht ziehen; meist finden wir denselben in den üblichen Verhältnissen der Breite zur Länge wie 1:2, aber auch quadratische und fast kubische Formen, die schon sehr bedenklich, theils auch unpraktisch sind, sahen wir projektirt; auch die Kreuzform spricht sich in drei Projekten mehr oder weniger aus.

Nach mancherlei Richtung ist von einschneidendem Einflusse die Art der Lagerung des grossen Saales gewesen. Zumeist war die Stellung des Saales, je nach der Tiefe oder Quere auch entscheidend für eine Tiefen- oder Queraxe des ganzen Gebäudes, obwohl sich mehrere Projekte auch hievon unabhängig zu machen wussten.

Von Wichtigkeit war weiter die Stellung des Saales, ob derselbe in die Mitte der Gebäudemasse, wie in Projekt 4, 8, 9, 13, 15, 16 und 18, oder aber mit einer oder der anderen Seite nahezu (Projekt 11) oder ganz (Projekt 10, 17 und 19) und dieses wieder mit der Lang- oder Stirnseite in die Flucht des Hauses gerückt erschien.

Im ersteren Falle konnte der Saal leicht ringsum mit Korridoren umgeben werden, an welche sich die Nebensäle und Nebenräume bequem anordnen liessen; auch war dadurch für die Stellung der verschiedenen Treppen etc. eine grössere Abwechslung dargeboten, so dass durch alles dieses die Gesamtkommunikation eine wesentlich erleichterte war.

Im letzteren Falle kam der Saalbau in der Façade selbst zur Geltung, während er im ersteren Falle, wollte man ihm Luft und Licht geben, mit Lichthöfen umgeben oder ein meist sehr erhöhter Mittelbau werden musste, wodurch er aber in der Regel auch ein überhohes Profil erhielt.

Der Vorthail, den der in die Façade gerückte Saalbau mit seinem direkten Seitenlicht für eine etwaige Tagesbenützung bietet, wird wohl von mancher Seite überschätzt, weil insbesondere die den Saalfenstern vis-à-vis angebrachte Galerien oder der Fensterseite zugewendete Sitzreihen für die direkt in's Licht Sehenden nicht gerade angenehm sind und andererseits ja auch ein eingebauter, mit hohem Seitenlicht versehener Saal gleichfalls eine Tagesbenützung zulässt.

Seitens des Programmes wurde die Maximalgrösse des grossen Saales mit 650 m² bestimmt;*) auch hierin finden wir in den Projekten die grössten Verschiedenheiten, von der unzulänglichen Grösse von 477 m² angefangen bis zu 740 m² hinauf.

Und wie hier, so sehen wir auch bei den übrigen Räumen, insbesondere bei den Hauptkommunikationen und den Festsälen die grössten Verschiedenheiten in der räumlichen Ausdehnung, indem das Maass hiefür zwischen 903 und 1887 m² schwankt; demgemäss wechselt auch die Grösse jener Wandflächen, welche unbedingt reicher geschmückt werden müssten; ihre Grösse liegt zwischen 2030—4626 m².

Die verschiedenen Vor- und Nachtheile, welche die Art und Weise der Lagerung des Saales mit sich bringen, ersehen wir aus den Fig. 6—16.

Als Beispiel einer klaren und schönen Grundrissanlage und schönen Anordnung der Nebenräume bei rings um den inmitten gelagerten Saal angeordneten Korridoren, möge das Projekt Nr. 4, das Projekt Nr. 8, dann das Projekt Nr. 16 angeführt sein; das Projekt Nr. 17 hat eine vorzügliche diesbezügliche Lösung bei frontalgestelltem Saale; die Projekte Nr. 11 (Ecco) und Nr. 21 (Veritas) haben bei quergestelltem und umbautem Saale sehr schöne Lösungen geliefert.

Ferner haben die Projekte Nr. 4, 5 und 6 gute Verbindungen, bezw., wenn wünschenswerth, entsprechende Trennungen zwischen dem grossen Festsale, den Nebensälen und den anderen Localitäten; die Projekte Nr. 8, 13 und 18 stehen in dieser Beziehung, und was zugleich auch die architektonische Anordnung betrifft, musterhaft da; einige Projekte haben den Korridor um den grossen Saal herum verschmährt, wie Nr. 4, 9 und 15.

Wollen wir nun schliesslich die Projekte bezüglich des Sicherheitsgrades für eine grosse Menge, bezüglich der

*) Der Redoutensaal in Brünn hat 308, der Saal im alten Landhause 316, der Saal der Turnhalle 404 m². — Die Grösse der projektirten Säle finden sich in Tab. III.

Art und Weise einer möglichst schnellen Entleerung des Gebäudes seitens des Publikums prüfen, so muss die Anlage so sein, dass nothwendigerweise eine sofortige Decentralisation der Menge, ein Auseinanderführen derselben nach den verschiedenen Treppen und Ausgängen ermöglicht oder bemüssigt wird. Dies geschieht bekanntlich durch die Anordnung und Anwendung mehrfacher Treppen an verschiedenen Punkten des Gebäudes; durch die Trennung der Menge nach Rängen; durch die Trennung nach den Etagen und den verschiedenen Seiten des Saales etc.

Das aus dem Gebäude eilende Publikum soll auf den einmal betretenen Treppen direkt bis hinab und wo möglich sofort in's Freie geführt werden, wenn auch für gewöhnlich die Menge schliesslich im Vestibule etc. wieder zusammengeführt wird. Die Treppen sollen nicht etwa in den Stockwerken aufhören oder absetzen, so dass man erst wieder über Korridore etc. zur Fortsetzung der Treppen gelangen kann oder dass man gar zu einer schon von einem anderen Theil des Publikums benützten Stiege geführt werde. Diese schlechte Anlage zeigen einige der Projekte.

Die Treppen müssen zugleich auch in der nöthigen Menge und Grösse (also Breite), in der richtigen Bauweise ausgeführt und am passenden Orte situirt sein. Es ist also ein grosser Fehler, wenn zu wenig Treppen vorgesehen sind oder wenn, wie ein Projekt (6) seine drei grossen Treppen, alle in der einen Ecke des Gebäudes zusammenpfercht; es ist aber auch ein Fehler, wenn Wendeltreppen oder krummarmige Treppen, oder wenn in ihrer Breite und formalen Begrenzung stets variirende Stufen verwendet werden, weil die Sicherheit des Gehens dadurch wesentlich beeinträchtigt wird.

Was nun die Menge und Grösse der Treppen bei den verschiedenen Projecten betrifft, so finden wir, wie im Uebrigen, so auch hier grosse Differenzen.

Ingenieur Fölsch will bekanntlich für je 100 Personen eine Treppe von 1·20—1·30 m Breite haben.

Mehrere und schmalere Treppen erhöhen die Sicherheit der eilenden Menge, sind daher besser als wenige und sehr breite (Pracht-) Treppen. *)

Unter den 22 Projekten finden wir solche, wo nur vier Treppen und solche, wo bis neun Treppen in Aussicht genommen sind; will man die Gesamtbreite aller Stiegen in Betracht ziehen, um einen richtigen Maassstab für das Auslangen der Treppen zu gewinnen, so liegt die Schwierigkeit der Beurtheilung in dem Vorhandensein von Wendeltreppen etc., die eben weniger günstig sind; im Allgemeinen haben bezüglich der Treppenanlagen die Projekte Nr. 15 mit 12·20, Nr. 17 mit 13·70 und Nr. 11 mit 15·0 m Treppen-Gesamtbreite relativ am besten vorgesorgt; das erste prämiirte hat eine Treppen-Gesamtbreite von 8·30 m vorgesehen, die durch die Anlage einer zweiten Galerietreppe noch vergrössert werden soll.

*) Siehe auch: „Die Sicherheit der Person im Theater“, von Aug. Prokop, mit 4 Tafeln und 39 Figuren. Separat-Abdruck aus der „Oesterr. Verbands-Feuerwehr-Zeitung“. Brünn 1882, R. M. Rohrer und Wien, Genossenschaftsdruckerei, IX., Alserstrasse 32 und „Bauliche Anforderungen“, Mittheilungen der österreichischen Gesellschaft für Gesundheitspflege, 1882.

Interessant ist es auch, bei den vorliegenden Projekten die verschiedenartige Gruppierung und Stellung der Treppen in's Auge zu fassen, siehe Fig. 6—16.

Wie die Treppen, müssen schliesslich auch die direkten Ausgänge im richtigen Verhältnisse zu jener Menschenmenge stehen, welche das Gebäude auf einmal zu fassen im Stande ist.

Nach österreichischerseits geltenden Grundsätzen soll für 1000 Personen eine Gesamt-Oeffnungsbreite von 4 m und für je 50 Personen mehr ein Zuschlag von 0·35 m genommen werden; diese Forderung ist offenbar zu gering.

Pariser Verordnungen verlangen für je 1000 Personen Oeffnungswelten in der Gesamtbreite von 6 m, für je 100 Personen mehr eine Verbreiterung von 0·60 m.

Die Praxis zeigt, dass für je 300 Personen zwei Oeffnungen, jede zu 2 m Breite, also eine Gesamtbreite von 4 m oder für je 500 Personen drei Oeffnungen in einer Gesamtbreite von 6 m geboten erscheine. *)

Bei unseren Projekten sehen wir ein solches (Projekt 6), welches sich mit 5·80 m Gesamt-Ausgangsbreite begnügen will; Projekt 10 hat 10·0 m und Projekt 15 eine Gesamtbreite von 10·50 m vorgesehen, Projekt 8 schlägt 18·60, Projekt 13 19·55, Projekt 4 eine Gesamtbreite von 21·80 und Projekt 17 sogar eine solche von 26·80 m vor.

Nachdem nun der grosse Saal von rd. 600—650 m² verlangter Grösse, inclusive der Galerie bei Concerten etc., eine Menge von 1000—1200 Besuchern (bei gewöhnlichen Versammlungen aber weit mehr Personen) aufzunehmen im Stande ist und der Nebensaal für sich rd. für 500 Personen Fassungsraum hat, also bei vorgesehener gleichzeitiger Benützung rd. 1500 und mit Rücksicht auf die Volksbibliothek, Café, Restauration etc. noch mehr Personen sich im Hause befinden werden, so ergibt sich bei selbst nur 1500 Besuchern, dass — obiger Reihenfolge entsprechend — je nach den vorgesehenen Treppen für je 100 Personen 0·038, 0·066, 0·069, 0·124, 0·130, 0·145 und 0·175 m Ausgangsbreite entfallen würden.

Wir sehen also nach den jetzt und früher angezogenen Beispielen, wie wirklich schon aus dem Grundrisse und aus seinen Detail-Anlagen der Grad der Sicherheit der Besucher beurtheilt werden kann.

Nunmehr erst, nachdem die Zweckmässigkeits- und Sicherheitsfrage entsprechend abgewogen, kommt auch die ästhetische Frage in Betracht, also die künstlerische Gestaltung und Lösung des Aeusseren und des Inneren des Gebäudes. Hier spielt zugleich die Stylfrage eine grosse Rolle und ebenso die Art der Ausführung der Façade in Stein, Rohbau, Putz etc.

Den Styl betreffend, der, was das Gefallen oder Nichtgefallen anbelangt, wie für den einzelnen, so auch für die Menge eine reine Gefühls- und Geschmacksache ist, finden wir zumeist die Renaissance in Anwendung gebracht in allen möglichen und unmöglichen Variationen; moderne Renaissanceformen zeigen Projekt 11 und 16, mit Anklängen an die Konkurrenz-Projekte für das deutsche Reichstags-

*) Bei der neuen Budapester Oper ist für je 50 Personen ein Ausgang oder für je 100 Personen eine Ausgangsbreite von sogar 3·45 m vorgesehen.

Nach der verbauten Fläche (I. Stock excl. Terrassen etc.) bei fl. 40 pro 1 m³ als normal angenommener Etage. ¹⁾ Tab. I.

Anstellungs- Nummer	Abgabeort	M o t t o	Vergleiche Höhe der Stockwerke ²⁾	1 m ² ver- baute Fläche	Herstellungs- kosten pro 1 m ² ³⁾	Gesamt- kosten	Saalgrösse in Quadrat- Meter	Grösse der Fest- räume incl. Stiege u. Vent- bule in Quadrat-Meter	Anmerkung
1	Krefeld	25. August 1887	3	4204	120	504 480	628	1113	
11	Leipzig	Ecco	4	3916	160	626 560	674	1616	
22	Köln	In früher Stunde	3 1/4	3873	130	503 490	663	1403	
7	Wien	Mit vereinter Kraft	3 3/4	3760	150	564 000	684	1403	
3	Frankf. a. M.	Patria	3	3745	120	449 400	716	1227	
17	Wien	Frisch an's Werk	3 1/2	3610	140	505 400	691	1887	
2	Reichenberg	(Eduard Hiebel)	3 3/4	3426	150	513 900	672	1249	Ausser Concurs
15	Wien	Licht und Luft	3 3/4	3323	150	490 950	624	1107	
4	Breslau	Oesterreich	3 1/2	3306	140	462 840	710	1178	
13	Prag	Werde ein Hort der Deutschen	4 1/2	3286	180	571 480	610	1113	
8	?	1870	3 1/2	3273	140	458 220	740	1504	
9	Wien	Deutsches Haus II.	4 1/2	3260	170	554 200	610	1139	
16	Wien	Das Beste der Heimat	3 1/4	3144	130	408 720	654	1233	
21	Berlin	Veritas	3	3105	120	372 600	560	1231	Ausser Concurs
19	Wien	Concordia etc.	4 1/4	3102	180	558 360	688	1508	
5	Innsbruck	Deutsches Haus I.	3 1/2	2880	150	433 500	700	1236	
14	—	?	3 3/4	2806	150	420 900	490	1073	
12	Wien	Josef II.	3 7/2	2647	140	370 580	670	1176	
6	Wien	Deutsch-Oesterreich	4	2617	140	366 380	612	1138	
10	—	Deutsch	3	2351	120	282 120	603	1117	
18	Brünn	Treu und Recht	3 3/4	2112	150	316 800	477	903	
20	Wien	Der Deutschen freie Zeit: Arbeit	3 1/2	2050	140	287 000	533	966	

NB. 1. Das Sachverständigen-Comité, welches ursprünglich rd. 3500 m² für nothwendig berechnete, sollten alle verlangten Räume untergebracht werden, stellte dann 2700 m² als Minimum der verbauten Fläche auf, wobei ein Theil der programmässig geforderten Räume zu entfallen hätte; zu fl. 160 Baukosten pro 1 m² wäre die Bausumme fl. 423 000 gewesen, welche sodann vom Baukomité des Vereines „Deutsches Haus“ auf fl. 350 000 reducirt wurde.

NB. 2. Das Musikvereinsgebäude in Wien kostete pro 1 m² fl. 200, das Landhausgebäude in Brünn fl. 200, das Theatergebäude in Brünn vor dem Bau mit fl. 200 angegeben, doch nach Ausführung der aus Feuersicherheitsrücksichten nothwendigen Anlagen, als Treppen etc. auf rd. fl. 280.

¹⁾ Pro Etage durchschnittlich 5 m Höhe gerechnet; grössere Etagehöhen und Aufbauten wurden im Verhältnisse zum Ganzen abgeschätzt und nach Metermaass in der Rubrik ²⁾ zum Ausdrucke gebracht; ebenso wurde bei der Feststellung des Einheitspreises in Rubrik ³⁾ auf den grösseren oder geringeren Reichtum der Fassade Rücksicht genommen, dagegen von reicherer Dekoration des Inneren, Einrichtung und Möblirung des Cafés und der Restauration etc. abgesehen, was zwischen fl. 50 000—90 000 Mehrkosten betragen würde.

Nach dem kubischen Ausmaasse sich ergebender Nutzraum.

Tab. II.

Anstellungs- Nummer	M o t t o	Abgabeort	Gebotener Nutzraum Kubik-Meter	Herstellungskosten		
				pro 1 m ³	Gesamt	Nach dem Quadratmaass d. verbauten Fläche Tab. I
11	Ecco	Leipzig	79 739	pro 1 m ³ fl. 8 ohne reichere Innendekoration, ohne Möblirung des Cafés und der Restauration etc. (siehe unten Anmerkung).	637 912	626 560
13	Werde ein Hort der Deutschen	Prag	71 130		569 040	571 480
7	Mit vereinter Kraft	Wien	68 366		546 928	564 000
9	Deutsches Haus II	Wien	67 830		542 640	554 200
1	25. August 1887	Krefeld	66 275		530 192	504 480
17	Frisch an's Werk	Wien	65 580		524 640	505 400
2	(Eduard Hiebel)	Reichenberg	65 430		523 440	513 900
19	Konkordia etc.	Wien	63 580		508 640	558 360
15	Licht und Luft	Wien	62 306		498 448	490 950
22	In früher Stunde	Köln	61 168		489 344	503 490
4	Oesterreich	Breslau	57 386		459 088	462 840
8	1870	?	57 353		458 842	458 220
3	Patria	Frankfurt a. M.	56 175		449 400	449 400
5	Deutsches Haus I	Innsbruck	55 533		444 264	433 500
14	?	—	53 789		430 312	420 900
16	Das Beste der Heimat	Wien	52 203		417 624	408 720
21	Veritas	Berlin	47 900		383 200	372 600
12	Josef II.	Wien	46 036		368 288	370 580
6	Deutsch-Oesterreich	Wien	43 209		345 672	366 380
18	Treu und Recht	Brünn	38 400		307 200	316 800
10	Deutsch	—	35 265		282 120	282 120
20	Des Deutschen freie Zeit: Arbeit	Wien	33 425		267 400	277 000

NB. Nach den Aufstellungen des Sachverständigen-Comités würde sich bei 2700 m² verbauter Fläche zirka 54 000 m³ Nutzraum ergeben.

Anmerkung. Nach den Programmbedingungen, pag. 2 und 3, soll die Bausumme von fl. 350 000 nicht überschritten werden; hiebei muss aber auch noch inbegriffen sein: Innere Dekoration, Heizung und Ventilation, Wasserleitung, Ameublung der Restauration und des Cafés und die Sitze im Festsaal; die Planirung und Beleuchtung des Platzes und das Architekten-Honorar.

Anstellungs- Nummer	Motto	Quadrat- Meter
8	1870	740
3	Patria	716
4	Oesterreich	710
5	Deutsches Haus I.	700
17	Frisch an's Werk	691
19	Konkordia etc.	688
7	Mit vereinter Kraft	684
11	Ecco	674
2	(Eduard Hiebel)	672
12	Josef II.	670
22	In frühen Stunden	663
16	Das Beste der Heimat	654
1	25. August 1887	628
15	Licht und Luft	624
6	Deutsch-Oesterreich	612
13	Werde ein Hort der Deutschen	610
9	Deutsches Haus II.	610
10	Deutsch	603
21	Veritas	560
20	Des Deutschen freie Zeit: Arbeit	533
14	?	490
18	Treue und Recht	477
Zur Erinnerung.		
	Stadthalle, Mainz	1457
	Gürzenich, Köln	1172
	Tonhalle, Düsseldorf	1149
	Rathhaus, Wien	1079
	Reichshalle, Berlin	907
	Musikverein, Wien	897
	Kroll's Etablissement, Berlin	876
	Dianasaal, Wien	852
	N. Gewandhaus, Leipzig	840
	Sophiensaal, Wien	800
	Musiksaal, Basel	786
	Innsbrucker Redoutensaal	650
	Baucomité des Deutschen Hauses in Max	650
	Turnhalle, Brünn	404
	Alter Ständesaal, Brünn	316
	Redoutensaal, Brünn	308

NB. Verlangt wurde ein Festsaal von der Grösse, wo bei einer Festtafel für 400 Personen gedeckt werden kann, also rund 700 m² Fläche.

gebäude Nr. 4 und 6; mehr hellenische Anklänge Nr. 13; eine strengere italienische Renaissance sehen wir in Nr. 15, welcher Styl sich auch in den äusserst sorgfältig und reich in Detail und Farbe ausgeführten prächtigen Interieurs ausspricht; die französische Renaissance tritt uns bei hoch-eleganten Formen und schönen Verhältnissen in Nr. 8 entgegen; Anlehnungen an deutsche Formen finden wir in Nr. 10 und 18 und flämische Erinnerungen in Nr. 17; barockale Formen führen uns Nr. 5 und 12 vor, eine etwas wüste Renaissance, sogar mit russischen Motiven, sehen wir in Nr. 22; eine etwas unverdaute Renaissance mit barocken und altdeutschen Formen in Nr. 7; der gothische Styl war nur in Nr. 21 vorgeführt.

In der Totalerscheinung erinnert uns die weitaus grösste Menge der Projekte unwillkürlich an den Mode

gewordenen Typus der heutigen Theaterbauten; die wenigsten Projekte aber sprechen sich als das aus, was sie sein sollen, als ein Haus der Bürgerschaft, als das Repräsentativ der Macht, des Ansehens und der Bedeutung des deutschen Bürgerthums, also so recht als das „Deutsche Haus“ aus.

Wir brauchen uns nur aus der Zeit des grössten Ansehens und der allgemeinen Bedeutung des deutschen Bürgerthums, also aus dem späteren Mittelalter bis zur Zeit des 30jährigen Krieges, vor Allem aber aus der Zeit der Blüthe des Hansabundes, die prachtvollen Rathhausbauten und besonders die Gildehäuser der Städte Süd- und Norddeutschlands, der Niederlande etc. einen Moment vor Augen zu halten und werden sofort eine lange Reihe typischer Gestaltungen für das „Deutsche Haus“ finden; diesen Gedanken bringen auch die Projekte Nr. 10, 17 und 18 mehr oder weniger gelungen zur Geltung. Reizend ist die Ostfaçade des zweistöckig gedachten Projektes Nr. 18, das mit seinen Thürmchen über dem mächtigen Dache, den prächtigen Giebeln der schönen Loggia so recht den Charakter der deutschen Architektur an sich trägt und von dieser Seite (der Ostfront) her, ein schönes „Deutsches Haus“ wäre.

Projekt 10, nur einstöckig, hat in seiner Ostfaçade ganz dieselben Motive wie Nr. 18, ist aber bescheidener in der Verwendung von Effectmitteln und hat leider auf den charakterisirenden Dachreiter Verzicht geleistet.

Projekt 17, dasjenige Projekt, welches unter den die Ausstellung Besuchenden den meisten Anklang gefunden hat, und wie gesagt, zugleich an flandrische und holländische Bauten erinnert, ist mit Thurmbauten (6) verschwenderisch bedacht und zeigt ebensowohl in der Beherrschung der Formen, wie in der Anwendung von Dekorations- und Effectmotiven und deren zeichnerische Wiedergabe eine grosse Vollendung.

Schon die Rückfront (also Nordseite) mit ihrer einfachen Gestaltung gäbe ein stattliches Vereinsgebäude und so steigert sich der Façadenreichthum immer mehr, bis er sich in der Hauptfaçade in opulentester Weise ausspricht. *) Das Innere führt uns ein grandioses Treppenhaus mit Umgängen und einen pomphaft gestalteten Festsaal vor, beide in einer Architektur, welche aber mit dem aussen gewählten Style nicht ganz im Einklange stehen dürfte.

Die Jury musste alle vorangeführten Erwägungen in die Waagschale werfen und bei dem eminent auf die praktische Richtung hinweisenden und hintreibenden Bedingungen des Programmes jenem Projekte die erste Palme zuerkennen, welches alle Programmsbedingungen erfüllt, also auch die Möglichkeit der Ausführung bietet und somit nahezu das Auslangen mit der limitirten Summe, also mit 350 000, bzw. 300 000 fl. in Aussicht stellt, und dies ist und war das Projekt Nr. 10, Motto: „Deutsch“. — Geringe Aenderungen an diesem Projekte machen dasselbe sofort für die Ausführung geeignet und vermehren selbe nicht nur die Bequemlichkeit und Sicherheit, sondern auch den Gesamteindruck des Aeusseren des Hauses.

*) Auffallend arm sind dagegen die Giebel und die Dachgalerien behandelt.

Die Garderoben werden nämlich noch vergrössert durch den Wegfall zweier Wohnungen; der zwischen Saal und Treppe liegende Korridor wird im oberen Geschosse auf 4 m verbreitert, der kleine Saal wird durch einen Zwischenraum vom Hauptsale getrennt, die Saaldecken-Konstruktionen werden in Eisen- und Betonguss ausgeführt und die Hauptfäçade erhält nach dem Vorschlage des Herrn Bürgermeisters Winterholler, neben zwei kleineren auch zwei grössere Giebel, sodann eine prächtige dreiaxige, in Stein ausgeführte Vorhalle; das Gebäude selbst wird durch Erdanschüttungen und Herausheben des ganzen Baues um 0.80 m wesentlich höher erscheinen und sich somit noch weitaus

reicher und wirkungsvoller gestalten, als es sich heute bereits im Projekte präsentirt; zudem soll ein im gleichen Style des Hauses über der Dachkreuzung aufgesetzter gefälliger Dachreiter dem Ganzen auch nach oben zu einen dominirenden, Abschluss geben, so dass sich das mit den vorhandenen Mitteln zu erreichende Gebäude in der That auch in seinem ganzen Aeusseren als ein „Deutsches Haus“, dessen vornehmste Bestimmung die Pflege deutscher Kultur und Sitte, deutscher Kunst und deutschen Liedes sein soll, repräsentiren wird. *)

*) Die Veröffentlichung des zur Ausführung bestimmten Planes ist für eines der nächsten Hefte der Zeitschrift in Aussicht genommen.

Das Grabdenkmal für Dr. Carl Ritt. v. Ghega

auf dem Ehrenfriedhofe der Stadt Wien.

Das vorliegende Heft bringt auf Taf. IV eine Abbildung des Denkmals, welches aus den durch Sammlung unter den Mitgliedern unseres Vereines aufgebrachten Beträgen unserem grossen vaterländischen Kollegen Dr. Carl Ritt. v. Ghega auf dem Centralfriedhofe errichtet worden ist. Der Entwurf zu dem Denkmale wurde, wie aus den Veröffentlichungen in der „Wochenschrift“ 1887 bekannt ist, auf dem Wege einer Konkursausschreibung gewonnen und rührt von unseren Vereinskollegen Architekten A n z o & L a n g e her. Nachstehend lassen wir eine kurze Beschreibung des Denkmals folgen.

Dasselbe baut sich über einer gemauerten Gruft auf; es ist in der Basis 2 m breit, rd. 3 m lang und bis zum Kreuz hinauf rd. 7.50 m hoch. Der 3.5 m hohe Unterbau ist in der Hauptsache glatt und in wechselnden Schichten von geschliffenem gelben Oszloper und Wöllersdorfer Stein hergestellt. Auf ihm ruht der reich verzierte Sarkophag mit dem Wappen Ghega's an der Stirnseite, überdacht von einem durch vier Zwergsäulen getragenen Baldachin. Die Vorderseite des Unterbaues trägt das lorbeerumkränzte Medaillonbild Ghega's, darunter direkt in den Stein gehauen die einfache Inschrift: „Ingenieur Dr. Carl Ritt. v. Ghega“, als Bruchstück der den Sockel umspannenden Widmung: „Dem genialen Erbauer der Semmeringbahn, Ingenieur Dr. Karl Ritt. v. Ghega, der österr. Ingenieur- und Architekten-Verein“.

Sockelgesims, Medaillon, sowie der gesammte Aufbau des Denkmals, mit Ausschluss der Säulenschäftchen, sind aus weissem, geschliffenem und polirtem Laasermarmor; die Säulchen sind aus röthlichem, sächsischem Granit hergestellt.

Im Sockelfries sind kleine Wappenschilder angeordnet mit den Wappen jener Provinzialhauptstädte, durch welche Ghega's berühmte Bahn führt; beginnend mit dem Wappen Wiens, schliesst die Reihe vorn wieder mit jenem Venedigs, der Geburtsstadt des grossen Todten. Zur Dekoration und Belebung der weissen Flächen verwendeten die Architekten in grösserem Maassstabe Mosaik. Dasselbe ziert den Fries im Sockelgesims zwischen den Wappenschildern, sowie die Zwickel zwischen den Archivolten und dem Fries im Gesimse des Aufbaues, und ist im Charakter der alten Kosmaten gehalten. Das den Sarkophag überspannende Gewölbe ist ganz mosaicirt, mit rothen und blauen, stylisirten Blumen auf Goldgrund, umsäumt und getheilt durch kräftige Borden auf indigoblauem Grunde. Nach oben klingt das Mosaik im Kreuz aus, wo es nur mehr als Goldfond Verwendung fand. Zur Vermittlung von farbigem Decor und der Weisse des Steines wurde noch eine stellenweise Vergoldung angebracht, so oben zur Umsäumung der Schuppen am Baldachindach, an den Gesimsen und Ornamenten am Sarkophag, am Kranz des Medaillons.

Auf dem Gruftdeckel, der von einem schmiedeisernen, polychromirten Gitter eingefasst ist, steht ein schmiedeiserner Korb gleicher Technik zur Aufnahme der Blumen. Die gesammte Steinmetz- und Bildhauerarbeit lieferte die Union-Baugesellschaft, letztere nach Gypsmodellen von Bildhauer Josef Pokorny. Die Mosaiken fertigte die Tiroler Glasmalerei und Mosaikenanstalt von Neuhauser in Innsbruck. Die Schlosserarbeiten sind von V. Gillar und die Vergoldungen übernahmen die Maler Wild und Weygand.

Unsere Präsidentenglocke.

Geschenk des ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines.

Die auf Taf. V dargestellte Glocke, welche uns der Bruderverein in Budapest gespendet hat, ist nach dem Entwürfe des Herrn Architekten Nicolaus Ritter von Ybl durch ungarische Künstler und aus nur ungarischen Materialien hergestellt.

Auf den vier Ecken der Sockelplatte aus Piesker Marmor sind in sitzender Stellung vier allegorische Figuren

aus Silber, — die Mechanik, den Bergbau, die Skulptur und die Architektur darstellend — angebracht.

Im Fusse der Sockelplatte erscheinen alternirend die Abzeichen des ungarischen und österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines in stylvoller Umrahmung eingesetzt.

Aus der Mitte dieses marmornen Unterbaues erhebt sich, gestützt auf zierliches Laubwerk, in welches Schilder

mit unseren Emblemen geschmackvoll eingeflochten sind, ein kreisrunder Aufbau, dessen oben angebrachter sammtener Polster den eigentlichen Träger der Glocke bildet.

Diese selbst, hoch aufstrebend, trägt in verschlungenen Bändern die Widmung in altdeutscher Schrift eingravirt.

Ober dieser Schrift erscheinen dominirend und den hervorragendsten Schmuck der Glocke bildend, in diametraler

Stellung das ungarische und das österreichische Wappen angebracht, deren Umrahmungen durch Rosen-Guirlanden verbunden sind.

Das obere Ende des durch Genien gebildeten Glockenstieles ist durch eine Kugel aus Blutjaspis abgegrenzt und ebensolche Steine, dann Achate schmücken Sockel und Aufbau farbenprächtig in gelungenster Weise.

Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues.

Die Ermittlung der Kräfte- und Spannungsvertheilung, welche in dem Gestänge eines Eisenbahngeleises unter der Verkehrsbelastung auftritt, gehört unstreitig zu den schwierigsten Aufgaben der Festigkeitslehre. Dieselbe hat an Wichtigkeit gewonnen, seit durch die Einführung des eisernen Oberbaues sich das Bedürfniss nach schärferen theoretischen Untersuchungen in demselben Maasse steigerte, in dem auch die Mannigfaltigkeit der Konstruktionen und Konstruktionssysteme zugenommen hat. Denn wenn auch das Gesamtverhalten eines Oberbaues schliesslich durch die Erfahrung erprobt und danach am sichersten beurtheilt werden kann, so ist es doch nur auf dem Wege theoretischen Eindringens möglich, die auf dieses Verhalten einflussnehmenden Faktoren zu trennen und hiedurch zu einem tieferen Erkennen der konstruktiven Bedingungen und zu einer vergleichswisen Beurtheilung der Güte verschiedener Anordnungen zu gelangen.

Die Grundzüge einer strengeren Theorie des Langschwellsystems, welche auch den Ausgangspunkt für eine schärfere Theorie des Querschwellsystems bildet, sind zuerst von Winkler entwickelt worden. Dieser Autor hat unter der Annahme, dass die Eindrückung der Schwelle in die Bettung in jedem Punkte dem daselbst herrschenden Drucke proportional sei, die Spannungen berechnet, welche ein unendlich langer, durchaus gleich unterstützter Schienenstrang erfährt, wenn derselbe mit lauter gleichen Lasten in gleich grossen Abständen besetzt ist. Das Problem vereinfacht sich für diesen Fall bedeutend, doch ist der Zustand, in dem sich ein Schienenstrang thatsächlich befindet, ein wesentlich anderer. Die späteren Veröffentlichungen (von L. Hoffmann, Lehwald und Riese, Schwartzkopff u. A.) gründen sich auf die Winkler'sche Theorie, sind jedoch nicht ganz frei von Irrungen. Erst in neuerer Zeit hat Schwedler ein Berechnungsverfahren auch für jenen Fall angegeben, wo eine Langschwelle den Einflüssen verschiedener und verschieden vertheilter Lasten unterworfen ist. Die diesbezügliche Abhandlung, welche 1882 in London in englischer Sprache erschienen ist, beschränkt sich indess hauptsächlich nur auf die Anführung der Resultate der Theorie, ohne in deren Ableitung einzugehen, und da diese keineswegs einfacher Natur ist, so ist das Studium der Abhandlung ziemlich erschwert; in Deutschland ist dieselbe auch verhältnissmässig wenig bekannt geworden.

Nach alledem hat es bisher in der deutschen Literatur an einem zusammenfassenden Werke über die Theorie des Oberbaues gefehlt. Diese Lücke war umso fühlbarer, als damit auch die erleichternden Hilfsmittel für die Anwendung der Theorie mangelten, welche bei den hier nothwendigen mühevollen und zeitraubenden Rechnungen in ganz besonderem Maasse erwünscht erscheinen. Es verdient daher ein vor Kurzem erschienenenes Werk,*) welches

*) Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues. Von Dr. H. Zimmermann, Regierungsrath im Reichsamt für die Verwaltung der Reichseisenbahnen. Berlin 1888, Ernst & Korn.

diesem Mangel abzuhelpen bestrebt ist, die vollste Beachtung der Fachkreise, und es mag dieser Umstand, wie auch die wissenschaftliche Bedeutsamkeit des Werkes überhaupt, es rechtfertigen, wenn an dieser Stelle etwas näher auf den Inhalt desselben eingegangen wird.

Das Buch zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste enthält die Ableitung der Formeln, der zweite ist den durch Beispiele erläuterten Anwendungen gewidmet. Hieran schliessen sich Zahlen- und graphische Tabellen, aus welchen die in den verschiedenen Formeln erscheinenden Hilfsgrössen entnommen werden können. Diese Gruppierung des Inhaltes erleichtert namentlich die Benützung des Buches durch den Praktiker, dem es an Zeit und Neigung zu näherem Eingehen in die Theorie mangelt. Durch eine konsequente, übersichtliche Bezeichnungsweise, durch häufigen Hinweis auf die Bedeutung der eingeführten Hilfsgrössen wird dieses Ziel wesentlich gefördert und erreicht, dass man sich in dem Buche leicht zurechtfindet auch dann, wenn man es nur zum Nachschlagen benützt. Der Theoretiker wird aber das Werk mit Interesse studiren, da die Behandlungsweise, namentlich durch die häufige Zuhilfenahme der graphischen Darstellung, eine sehr übersichtliche ist und weil dasselbe auch manches sachlich Neue enthält.

Das Ausgangsproblem für die hier behandelten Aufgaben bildet der unendlich lange, gleichmässig unterstützte Stab von durchaus gleichem Querschnitte, der an irgend einer Stelle von einer Einzellast P beansprucht wird. Es berechnet sich für diesen Fall der Bettungsdruck p und das Biegemoment M im Abstände x vom Angriffspunkte der Last aus

$$p = \frac{x}{2b} \eta$$

$$M = \frac{P}{4x} \mu,$$

wenn zur Abkürzung

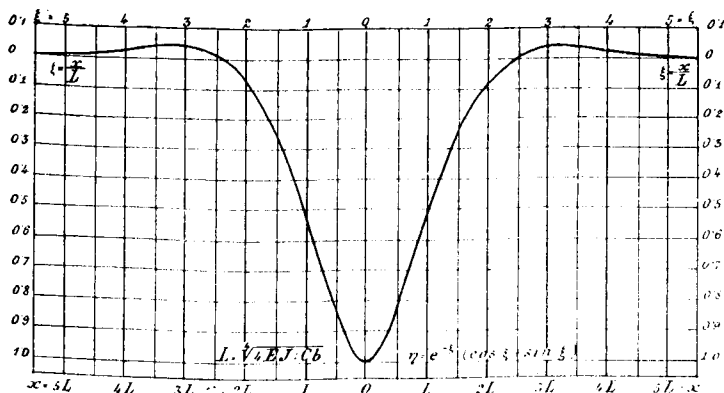
$$x = \sqrt[4]{\frac{Cb}{4EJ}} \quad \eta = e^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x) \\ \mu = e^{-\alpha x} (\cos \alpha x - \sin \alpha x)$$

gesetzt wird, und wenn b die Auflagerbreite, J das Trägheitsmoment des Stabes und C eine Constante bezeichnet, die je nach dem Grade der Nachgiebigkeit der Bettung zwischen 3 (Kiesbettung) und 8 (Kiesbettung auf Packlage) kg pro $1 cm^2$ gelegen ist. Da bei einem unendlich langen Stabe zwischen zwei Querschnitten volle Gegenseitigkeit der statischen Einwirkungen stattfindet, so bestimmen die Kurven η und μ auch die Einflusslinien der Senkung, bezw. des Bettungsdruckes und des Biegemomentes. Dieselben sind in den nachstehenden beiden Figuren dargestellt.

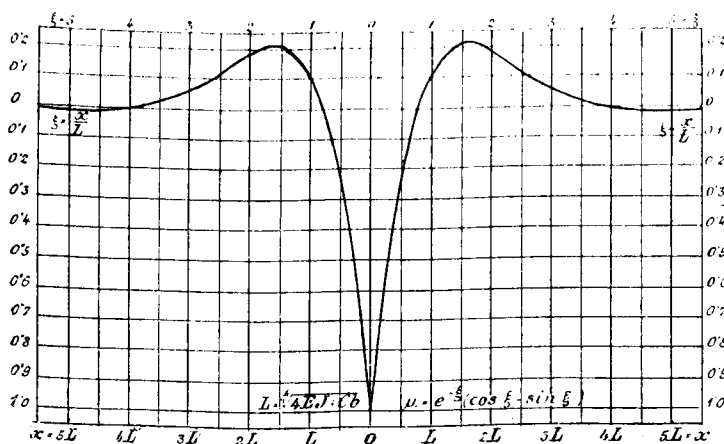
Hiemit ist nach den bekannten Eigenschaften der Einflusslinien auch sofort die Wirkung einer beliebigen Gruppe von Lasten gegeben.

Von den entwickelten Grundgleichungen ausgehend, wird nun der Einfluss von Stetigkeitsunterbrechungen untersucht, welche theils von stellenweise vermehrtem oder vermindertem Widerstand der Unterstützung, theils von einer theilweisen oder gänzlichen Aufhebung des Zusammenhanges einzelner Stabquerschnitte herühren. Damit kommen jene Verhältnisse in Berücksichtigung welche bei den Ausführungen des Langschwellen-Oberbaues thatsächlich immer vorhanden sind, und deren Einfluss, wie das in der zweiten Abtheilung des Buches durchgerechnete Beispiel zeigt, nicht zu vernachlässigen ist. Der eingeschlagene Weg der Rechnung führt aber in weiterer Folge zu einer allgemeinen Lösung des

Einflusslinie für die Senkung.



Einflusslinie für die Biegung.



Falles, dass ein Stab von endlicher Länge mit beliebig vertheilten Einzellasten besetzt ist, während bekanntlich die directe Lösung dieser Aufgabe, welche von der Differenzialgleichung der elastischen Linie ausgeht, an der ausserordentlichen Umständlichkeit der Rechnung scheitert. Dieses Problem bildet aber wieder den Ausgangspunkt für die Berechnung der Querschwellen, welche letztere sich nur als ein besonderer, vereinfachter Fall darstellt. — Die theoretischen Entwicklungen des ersten Abschnittes werden dann noch durch Betrachtungen über den Einfluss der Querbiegung der Langschwelle und über den grössten zulässigen Bettungsdruck vervollständigt.

Der zweite Abschnitt des Buches zeigt zunächst die Anwendung der Theorie auf die Berechnung eines Langschwellen-Oberbaues. Als Beispiel ist der Hilf'sche Oberbau der Reichs-

eisenbahnen gewählt. Von Interesse sind hier die Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Raddruck, Radstand, Bettungsdruck und Biegemoment, woraus sich beispielsweise bei drei Achsen ein gewisses Verhältniss zwischen den Raddrücken berechnet, für welches der Bettungsdruck oder das Biegemoment am kleinsten wird. Desgleichen sind die Einwirkungen von Stetigkeitsunterbrechungen, wie sie durch die Stösse der Langschwellen und Schienen bei gleichzeitiger Anbringung von besonderen Unterlagen bedingt sind, untersucht und mit ihren ziffermässigen Werthen ermittelt. Diese anscheinend sehr verwickelten Untersuchungen sind durch geschickte graphische Darstellungen sehr vereinfacht und übersichtlich gemacht worden.

Im Weiteren wird dann auch das Beispiel eines Querschwellen-Oberbaues durchgeführt. Für die Berechnung dieses Oberbausystems werden im Anhange Tabellen gegeben, durch deren Benützung die Rechnung ausserordentlich leicht und wenig mühevoll wird.

Um dies zu zeigen, mögen nachstehend die maassgebenden Grössen für die Heindl'sche Querschwelle*) gerechnet werden. Für diese ist $J=310$, $b=26$ cm, die Schwellenlänge $2l=240$ cm, der Schienenabstand $2r=150$ cm. Nimmt man $C=3$ kg, $K=2\,000\,000$ kg an, so ergibt sich mit Benützung einer Tabelle

$$L = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{4EJ}{Cb}} = 75 \text{ cm.}$$

$$\lambda = \alpha l = 1.60$$

$$\rho = \alpha r = 1.000$$

und entnimmt man für diese Argumente den betreffenden Tabellen die Grössen

$$[\gamma_0] = 0.4946 \quad [\gamma_p] = 0.6803 \quad [\gamma_\lambda] = 0.7501,$$

$$[\nu_0] = -0.2710 \quad [\nu_p] = 0.2632$$

so folgen hiemit

	in der Schwellenmitte	am Schienen- stützpunkte	am Schwellen- Ende
die Einsenkung	$y_0 = \frac{\alpha P}{Cb} [\gamma_0]$	$y_r = \frac{\alpha P}{Cb} [\gamma_p]$	$y_\lambda = \frac{\alpha P}{Cb} [\gamma_\lambda]$

der Bettungsdruck	$p_0 = \frac{\alpha P}{b} [\gamma_0]$	$p_r = \frac{\alpha P}{b} [\gamma_p]$	$p_\lambda = \frac{\alpha P}{b} [\gamma_\lambda]$
-------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---

das Biegemoment	$M_0 = \frac{P}{2\alpha} [\nu_0]$	$M_r = \frac{P}{2\alpha} [\nu_p]$	$M_\lambda = 0$
-----------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------

Hierin ist P der Schienendruck, für dessen genauere Ermittlung ebenfalls Formeln angegeben werden. Setzt man (bei einem Raddruck von 7500 kg) dafür angenähert 5000 kg, und rechnet man die grösste Biegungsspannung der Schwelle aus $\sigma = \frac{Me}{J} = \frac{M}{44.3}$, so erhält man

	für die Schwellenmitte	für den Schienen- stützpunkt	für das Schwellen-Ende
$y =$	0.423	0.581	0.641 cm
$p =$	1.27	1.74	1.92
$\sigma =$	— 1147	1114	0

Noch einfacher und fast ganz ohne jedwede Zwischenrechnung gestaltet sich die Lösung des Querschwellen-Problems mit Benützung zweier graphischer Tafeln, welche einen klaren Einblick in die Abhängigkeit der verschiedenen Grössen geben

*) Siehe „Zeitschrift“, 1882.

und ohne Mühe eine Reihe von Aufgaben beantworten lassen. So kann man beispielsweise nach der Schwellenlänge fragen, bei welcher die Senkungen in der Mitte und an den Enden der Schwelle gleich gross werden, oder bei welcher dies hinsichtlich der Biegungsspannungen in der Schwellenmitte und im Schienenstützpunkt der Fall ist. Für die oben als Beispiel genommene Schwelle würde das Erstere bei einer Schwellenlänge von 269.5 *cm* eintreten und würde der Bettungsdruck am Schwellen-Ende dann bloss 1.29 *kg*, also die Senkung nur 0.43 *cm* betragen, wogegen sich allerdings die Biegungsspannung im Schienenstützpunkt auf 1476 *kg*, also um 32 %, erhöhen würde. Eine so bedeutende Vergrösserung der Schwellenlänge erscheint demnach nicht angezeigt, wohl aber dürfte sich eine, etwa die Mitte haltende Schwellenlänge, also 255 *cm*, empfehlen, da hiedurch gegenüber der kurzen

Schwelle der Druck unter dem Schwellen-Ende immer noch genug herabgemindert wird, um bleibende Senkungen hintanzuhalten, ohne zu dem zweifelhaften Auskunftsmittel greifen zu müssen, die Schwelle im mittleren Theile weniger fest zu unterstopfen.

Von dem weiteren Inhalte des Buches mögen hier nur die eingehenden Untersuchungen über die Wirkungsweise der Laschen erwähnt werden, welche lehrreiche Aufschlüsse über die Einflüsse geben, welche Länge und Trägheitsmoment der Laschen, Vorhandensein von Spielräumen etc. auf die Wirkung der Verlaschung nehmen. Allerdings macht sich hier, wie auch in anderen Gebieten der Oberbautheorie der Mangel an gründlichen Versuchen geltend, und befürwortet daher der Verfasser die ausgedehntere Vornahme von wissenschaftlichen Beobachtungen an Oberbaukonstruktionen, welchem Wunsche gewiss nur lebhaft beizustimmen ist.

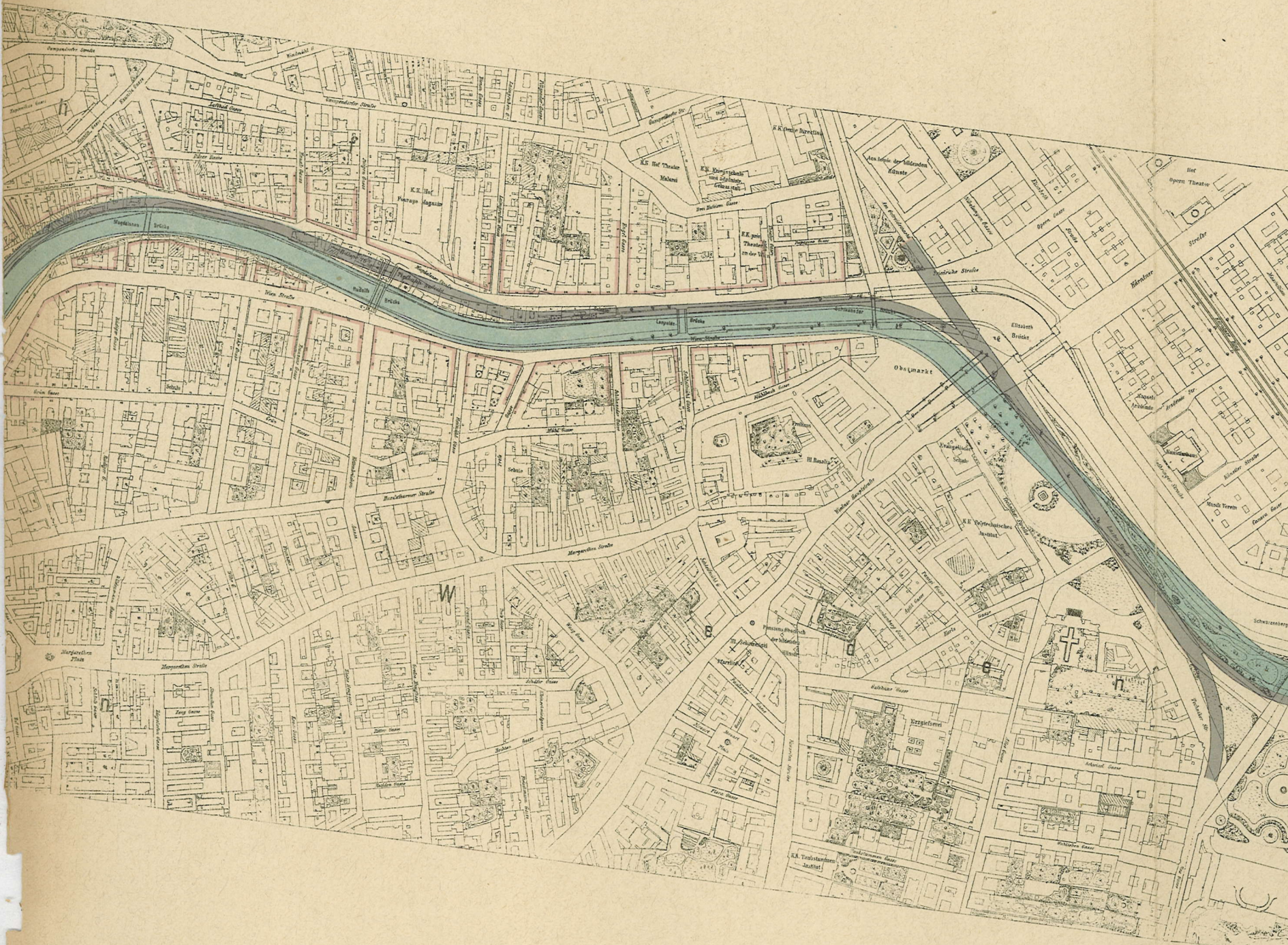
J. Melan.

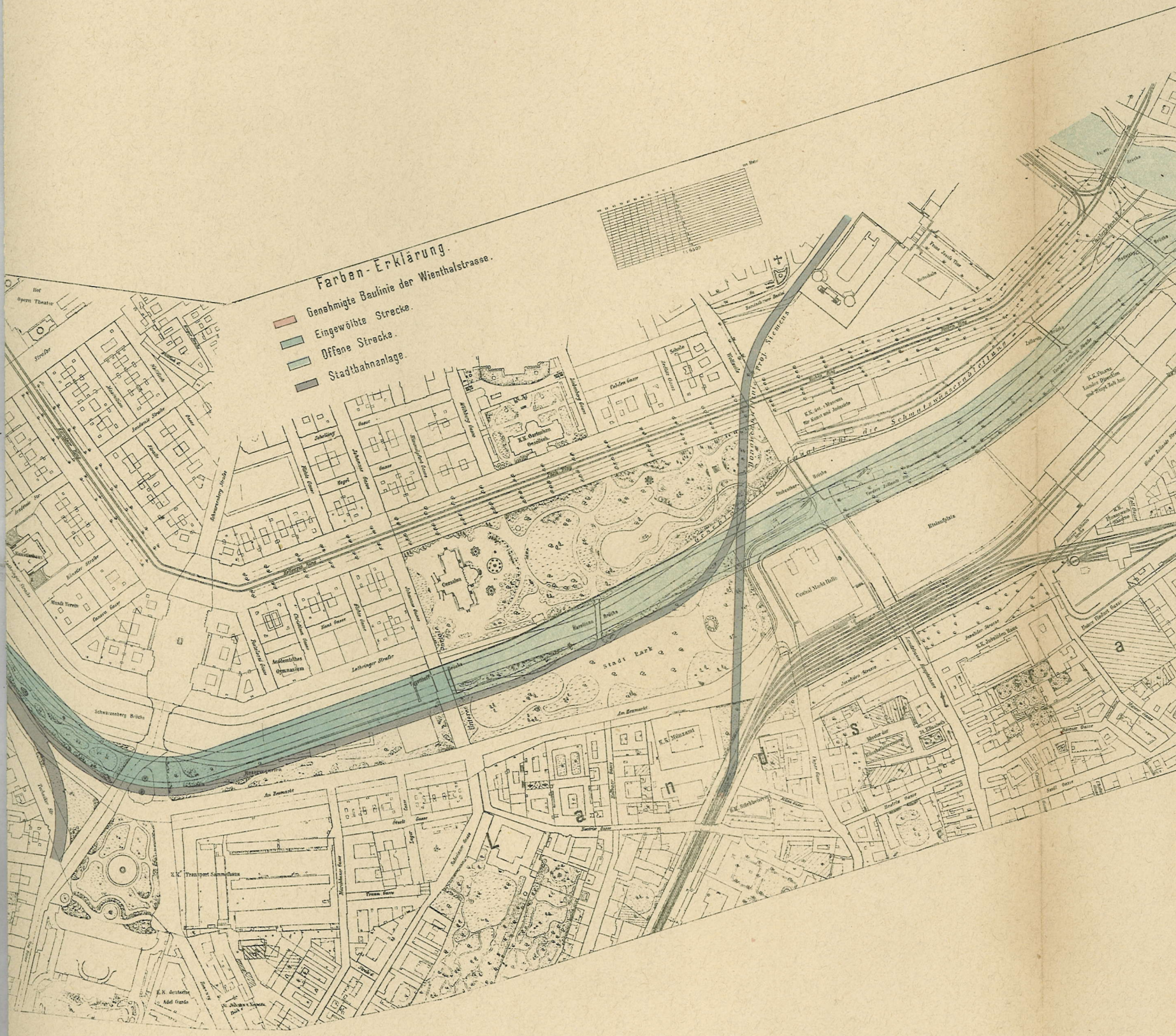


SITUATIONS - PLAN

über die Regelung des Wienflusses

[Nach dem Detailprojekte des Stadtbauamtes]

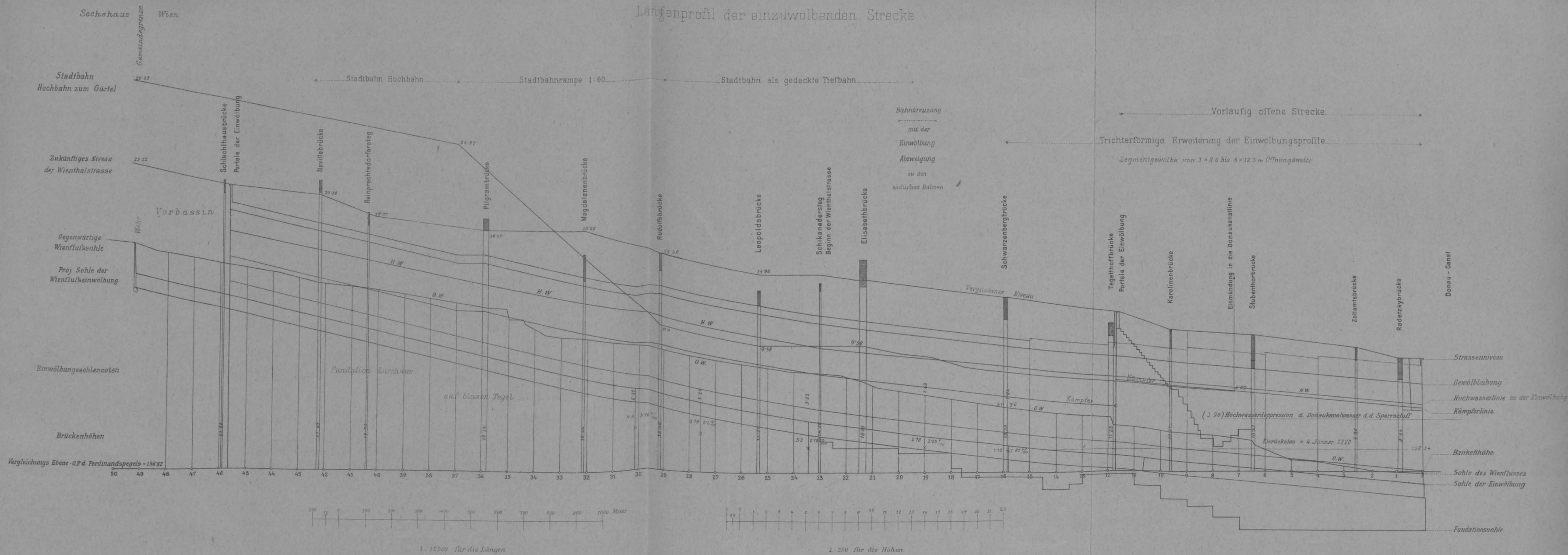




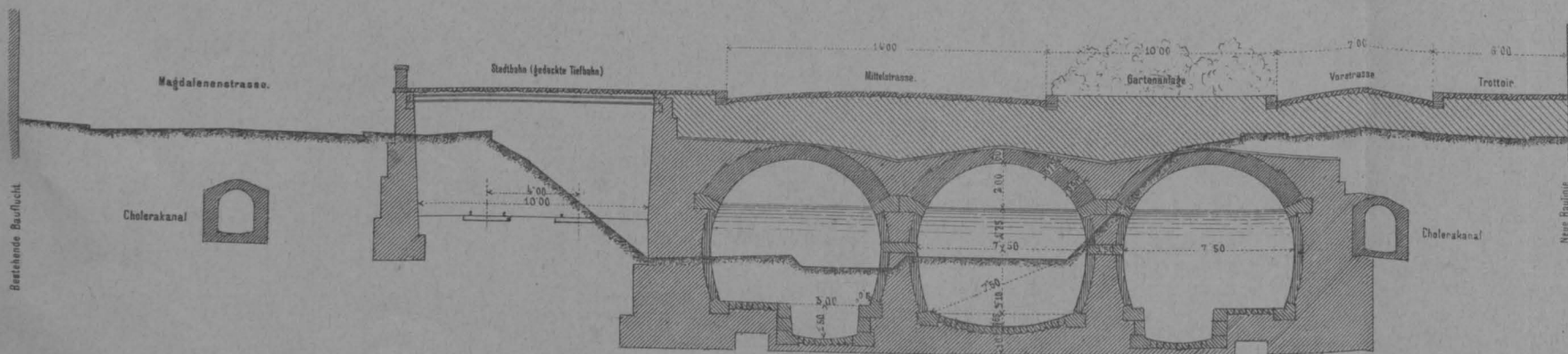
Erklärung.
Linie der Wienthalstrasse.
Strecke.
cke.
anlage.



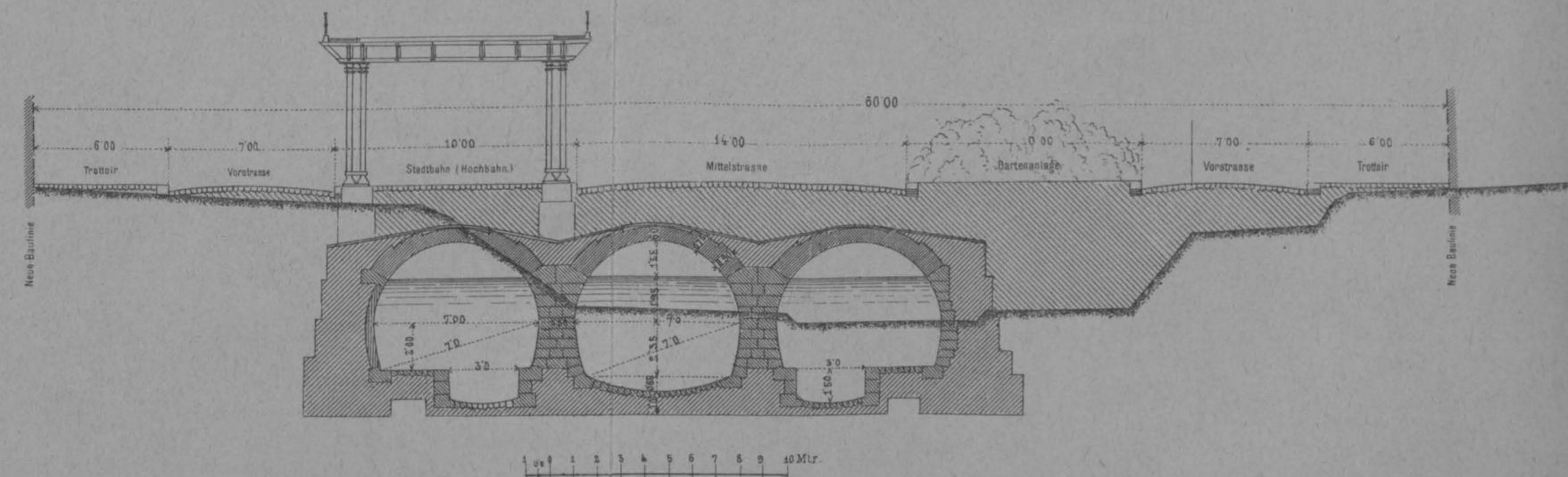
Längenprofil der einzuwölbenden Strecke



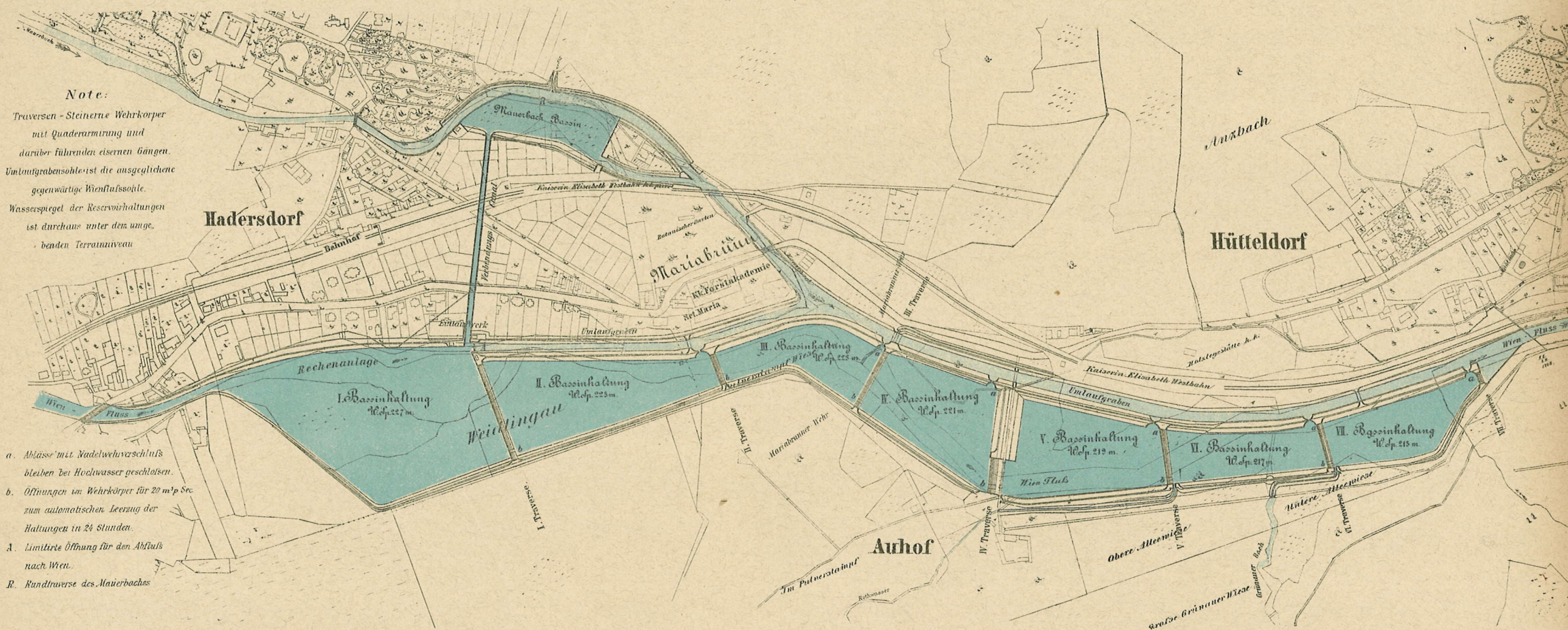
Querprofil oberhalb der Leopoldsbrücke. (Einwölbung in der Geraden.)



Querprofil oberhalb der Thurmberggasse. (Einwölbung in der Curve.)



SITUATIONS-PLAN der Reservoiranlage in Weidlingau Fassungsraum 1,600.000 m³.

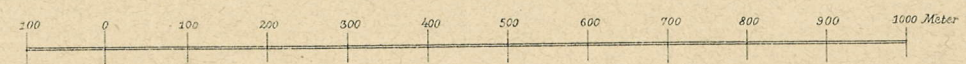


Note:

Traversen - Steinene Wehrkörper mit Quaderarmierung und darüber führenden eisernen Gängen. Untertiefenabschleuse ist die ausgeglichene gegenwärtige Wienflusssohle. Wasserspiegel der Reservoirhaltungen ist durchaus unter den umgebenden Terrainniveau.

- a. Abflüsse mit Nadelwehrverschluss bleiben bei Hochwasser geschloßen.
- b. Öffnungen im Wehrkörper für 20 m³ Sec. zum automatischen Leeren der Haltungen in 24 Stunden.
- A. Limitierte Öffnung für den Abfluß nach Wien.
- B. Rundtraverse des Mauerbaches.

Maßstab 1 : 9450.



DAS GRABDENKMAL FÜR DR. KARL R. v. GHEGA

auf dem Ehrenfriedhofe der Stadt Wien.

Errichtet vom österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine

nach dem Entwurfe der Architekten Avanzo und Lange.





PRÄSIDENTENGLOCKE.

Geschenk des „Magyar Mérnök-es Építész-egylet“ (ungar. Ingenieur- und Architekten-Vereines)
an den österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein.